

THESIS

MUNICH

1968

DIE ENTWICKLUNG DER VERSCHIEDENEN ARTEN
DER MARKRAUMFIXATION AM KNOCHEN

(Unter besonderer Berücksichtigung
orthopädischer Operationen)

Hans-Peter Szymanski

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
MEDICAL CENTER
STANFORD, CALIF. 94305



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Orthopädischen Klinik und Orthopädischen Universitäts-
Poliklinik München
Direktor: Prof.Dr.Max Lange

DIE ENTWICKLUNG DER VERSCHIEDENEN ARTEN DER MARKRAUMFIXATION
AM KNOCHEN
(Unter besonderer Berücksichtigung orthopädischer Operationen)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans-Peter Szymanowski

aus Zwickau

1968

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
München

Berichterstatter:	Priv.-Doz.Dr. K.H.Täger
Mitberichterstatter:	Prof.Dr. Max Lange
Dekan:	Prof.Dr. F.Holle
Tag der mündlichen Prüfung:	12. März 1968

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1	Einleitung	5
2	Literatur	
21	Entwicklung der einzelnen Methoden der intramedullären Fixation	
211	Markraumbolzung und Markraumstiftung	
2111	Knochenbolzen	6
2112	Elfenbeinbolzen	10
2113	Metallstifte	13
2114	Kunststoffbolzen	14
2115	Markraumschienung mit Holzmaterial	15
212	Erste Versuche einer Nagelung und Markdrahtung	16
213	Aximale Schienung des Markraumes mit Draht	
2131	KIRSCHNER-Draht	20
2132	Draht mit Dreieckprofil (OBERHOLZER)	24
2133	Draht mit Gewinde (SCHWARTZ/HARMON)	24
214	RUSH-Pin - Technik	26
215	Bündel-Nagelung nach HACKETHAL	
2151	Vorläufer der Methode	29
2152	Pinselfagelung (KÜNTSCHER)	30
2153	Original - Bündel-Nagelung nach HACKETHAL	31
2154	Modifizierte Methode nach WAGENFELD	34
216	Marknagelung nach KÜNTSCHER	35
217	Marknagelung mit modifizierter Technik und anderen Nagelformen	
2171	Spreiznägcl	41
2172	Rohrschlitznägcl (HERZOG)	44
2173	AO - Nägcl	45
2174	Massive Rundnägcl	46
2175	Nagcl mit Rhombus-Profil (HANSEN-STREET)	47
2176	Nagcl mit Dreieck-Profil (SAGE)	47
2177	Durchbohrter Dreilamellennagcl (LOTTES)	48
2178	Kompressionsnagcl (KAESSMANN)	50
2179	Sonstige Nagcltypen	

218 Feder - Osteosynthese (MAATZ)	53
219 Chemische Markraumosteosynthese	54
22 Die Herausbildung der derzeitigen Indikationsstellung für die einzelnen Verfahren der Markraumosteosynthese	
221 Frakturbehandlung	
2211 Clavicula	56
2212 Oberarm	57
2213 Unterarm	59
2214 Oberschenkel	60
2215 Unterschenkel	61
222 Speziell orthopädische Anwendungsbereiche der Markraumfixation	62
3 Material und Methodik	
31 Definition und Abgrenzung der Aufgabe der statistischen Untersuchung	65
32 Krankengut und Auswertungsmethode	65
33 Besonderheiten gegenüber den in der Literatur behandelten Problemen	66
4 Ergebnis der eigenen Untersuchungen	
41 Jahresmäßige Aufstellung der einzelnen Fälle	67
42 Anteil der Markraumfixationen am gesamten Operationsgut	68
43 Absolute Anzahl der einzelnen Verfahren	68
44 Indikationen zur Markraumosteosynthese	69
5 Diskussion	
51 Besprechung der Ergebnisse	
511 Erkenntnisse aus der Literatur	70
512 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur	72
52 Schlußfolgerung	73
6 Zusammenfassung	74
7 Literaturverzeichnis	76
8 Abbildungsnachweis	91

1 E I N L E I T U N G

In den vergangenen Jahren wurden viele Vorschläge zur Verbesserung der Technik auch der inneren Schienung von Knochenbrüchen gemacht. Ebenso zahlreich sind die Bemühungen, durch Neukonstruktion des Instrumentariums, insbesondere der intramedullären Fixationsmittel, noch bessere und sicherere Resultate zu erreichen und den Eingriff zu erleichtern. Diese mannigfaltigen Anstrengungen weisen darauf hin, daß die operative Retention bestimmter Frakturen noch immer nicht zufriedenstellend gelöst werden konnte.

Diese Arbeit soll nun über die bisher veröffentlichten Techniken, Vorzüge und Komplikationsmöglichkeiten der einzelnen Verfahren berichten. Eine gewisse Stagnation in ihrer Anwendung und Verbesserungsfähigkeit rechtfertigt die Darstellung der Entwicklung der verschiedenen Arten der Markraumfixation.

Aus einer mengen- und frequenzmäßigen Aufstellung der an der Orthopädischen Klinik München durchgeführten Markraum-Operationen sind gewisse Rückschlüsse zu ziehen.

Die Schenkelhalsnagelung bleibt in dieser Arbeit unberücksichtigt.

Die Problematik der Aufgabenstellung soll versuchen, eine gewisse Wertigkeit der einzelnen Methoden der Markraumosteo-synthese aufzuzeigen, besonders im Hinblick auf die Erfordernisse der Unfall- und orthopädischen Chirurgie.

2 L I T E R A T U R

21 ENTWICKLUNG DER EINZELNEN METHODEN DER INTRAMEDULLÄREN FIXATION

211 Markraumbolzung und Markraumstiftung

2111 Knochenbolzen

Die wohl erste uns bekannte Methode der Verwendung des Markraumes der Röhrenknochen zur operativen Osteosynthese von Frakturen stammt von ROUX (264), der 1833 in Paris dadurch eine Fixation zu erhalten versuchte, daß er in verzweifelten Fällen das eine von ihm zugespitzte Fragment in die Markhöhle des anderen trieb. Trotz des Nachteiles der beträchtlichen Verkürzung der Extremität wurde dieses Verfahren später auch von SEDILLOT (277), BERGMANN (11) und BARDELEBEN (8) angewandt.

Die Versorgung von Frakturen mit Markraumbolzen wurde von VOLKMANN erstmals 1877 (315) mit Stiften aus lebendem autoplastischen Knochen und 1883 (316) mit frischen homoplastischen Knochensplintern vorgenommen. Die Markbolzung ist demnach ein altes Verfahren. Sie wurde seitdem von vielen Chirurgen benutzt, hauptsächlich zur Einstellung von frischen Knochenbrüchen, doch hat sich keine feststehende Methode herausgebildet. Das technisch einfachste Vorgehen bestand darin, den Bolzen zunächst in die Markhöhle des einen Knochenendes einzutreiben und dann das andere Knochenende auf den nur wenig herausragenden Bolzen aufzustülpen. Es wurden auch heterologe Knochen als Bolzen verwendet, entweder in frischem oder decalciniertem Zustand.

PELTESOHN (247) berichtete 1908 über die Markhöhlenfixation mit heterologem Material. Er nahm Nägel aus zugespitzten Rindermarkknochenpfeilen und aus Elfenbein.

Knochen- und Elfenbeinbolzen wurden 1911 auch von RISSLER (261) zur Vereinigung von Schaftbrüchen angegeben. Sein Verfahren war nach KÜNTSCHER (170) das einzige, das als solches eine größere Verbreitung gefunden hat und bis Anfang der 30er Jahre

benutzt wurde.

Daß sich frische, periostbekleidete Knochenstücke, vom selben Patienten oder aus einer gerade amputierten Extremität gewonnen, besonders gut als Bolzen bewährten, vor allem bei Pseudarthrosen- und Defektoperationen, konnte LEXER 1909 (192) und 1915 (193) an Hand vieler Beispiele zeigen (Abb.3). Diese Erkenntnisse wurden 1917 durch HOGLUND (130) und 1927 durch EDEN und NIEDEN (57) bekräftigt.

Weiterhin verwandten in dieser Zeit auch ALBEE (1), CORNIOLEY (44) und NEUMANN (237) Knochen-Pfropfen zur Osteosynthese langer Röhrenknochen.

Über zwei weitere Bolzungsarten berichtete 1936 MORAZA (226): Entweder wird zum Einführen des in die eine Markhöhle eingeschlagenen Bolzens in das andere Fragment ein entsprechender Abschnitt der Corticalis ausgeschnitten und dann wieder eingesetzt, oder man läßt den Bolzen nur wenig das eine Bruchstück überragen, muß dann aber ebenfalls ein Stück der Rinde entfernen, um ihn nach der Reposition in den anderen Markraum hineinschieben zu können.

Die Schädigung der Knochensubstanz gerade an der Bruchstelle veranlaßte MORAZA, in Tierversuchen ein neues Verfahren zu entwickeln. Dabei wird in einiger Entfernung vom Bruchspalt ein Corticalisfenster angelegt, durch das hindurch der zunächst vollständig in dieses Bruchstück eingeführte Bolzen in das zweite hineingehebelt werden kann.

Um bei stark atrophischen Defektpseudarthrosen im Schaftbereich eine zuverlässige Fixation eines Knochenspanes in der Markhöhle zu erreichen, gab 1949 DAUBENSPECK (48) folgende Methode an: Nach der Eröffnung der Markhöhle an den Pseudarthroseenden wird zunächst die Corticalis etwas längs gespalten, dann etwa ein Stück Fibula in die Markhöhle eingeschoben und nun dadurch fixiert, daß man im Bereich des Schlitzes zwei Drahtumschlingungen anlegt. Dabei schiebt sich das eine Ende des Schlitzes unter das andere und der Markraum-Querschnitt wird verkleinert.

1950 veröffentlichte BIEBL (13) sein von ihm seit 1947 in

12 Fällen von geschlossenen Frakturen und Pseudarthrosen benutztes Verfahren der transkortikalen Fernbolzung. Er verwendet ein Stück frischer, periostlos resezierter körpereigener Rippe, bringt den Querschnitt auf Markhöhlenkaliber und bolzt nach Schaffung eines Corticalisfensters unweit der Bruchstelle die freigelegte Knochenbruchstelle zusammen. Für dieses Vorgehen sollen außer dem Oberschenkel alle anderen Röhrenknochen geeignet sein, dabei werden jedoch meist zusätzliche Drahthilfen erforderlich.

Über eine ihm seit 1924 durch GESSNER in Memel bekannte Bolzungsart berichtete 1952 SCHMORELL (280). Er hatte bei 15 Frakturen eine gute Adaptierung der Bruchenden und bleibende Retention durch selbst verfertigte Bolzen aus Amputationsknochen erreicht.

In neuerer Zeit ist es besonders MATZEN (218), der noch zur Vornahme der Bolzungsosteosynthese rät; 1961 (219) berichtete er über selbst durchgeführte Bolzungen von gelenknahen Femurschaftfrakturen unter Verwendung homoplastischen Knochens. Eine Möglichkeit der Behandlung des Humerushalsbruches gibt 1961 LAHAUT (178) an, der ein Knochenbank-Tibiafragment so bearbeitet, daß der distale Teil in die Knochenmarkhöhle eingebolzt und das proximale Ende, mit starker Zähnelung versehen, in das körpernahe Frakturende eingekeilt werden kann.

M.LANGE (188) hält die intramedulläre Knochenbolzung für ausnahmsweise indiziert als Sonderform der Osteosynthese bei schwer dislozierten, frischen Oberschenkelfrakturen von Kindern, wenn eine Weichteilinterposition den operativen Eingriff nötig macht, und auch bei Osteotomien schlecht verheilten kindlicher Oberschenkelbrüche.

Zur Bolzung kurzer Röhrenknochen wurde 1963 von KOECHLIN (141) noch das Verfahren der Bolzungsarthrodese nach MOBERG unter Verwendung eines viereckigen Knochenspanes empfohlen.

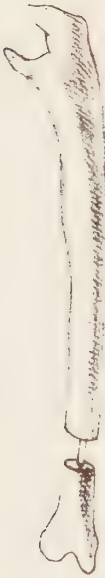


Abb.1
Erste Elfenbeinbolzung
(durch HEINE 1877)



Abb.2
Elfenbeinstiftung einer
Tibiafraktur

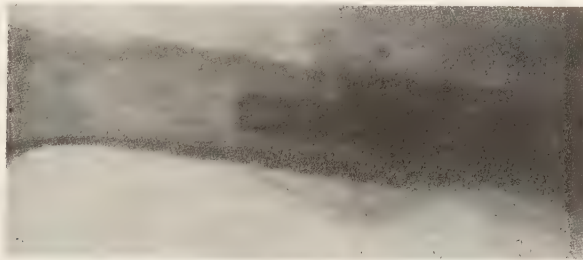


Abb.3
Bolzung einer Oberschenkelfraktur mit einem
Fibulastück durch LEXER (1915)

2112 Elfenbeinbolzen

Wenngleich Elfenbein eine Art heterologen Knochens darstellt, so ist doch eine gesonderte Besprechung angebracht, da es als Bolzenmaterial andere Bearbeitungs- und Einführungstechniken zulässt, und es auch von einigen Autoren als allein mögliches Bolzenmaterial angesehen wurde (Abb.2).

DIEFFENBACH (53) war in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts einer der ersten, der Elfenbeinstifte zur intramedullären Fixation von Pseudarthrosen nahm. Über seine Erfolge ist wenig bekannt, doch dürfte die Methode vor Einführung der Narkotika und ohne strenge Asepsis wenig befriedigend gewesen sein. Der erste gute Erfolg ist aus dem Jahr 1877 bekannt, als HEINE (111) durch Einlage eines Elfenbeinbolzens in die Markhöhle eine Pseudarthrose der Ulna heilen konnte (Abb.1).

Größere Bedeutung ist dann SOCIN zuzumessen, der 1879 (291) einen refrakturierten Oberschenkel durch Elfenbeinbolzung mit bestem Ergebnis behandelte, und der 1887 weitere 4 gute Resultate vorweisen konnte.

Nach AMREIN (2) wurde man auf die Stifteinlage jedoch erst aufmerksam, als 1886 H.BIRCHER (15) fünf derartig geheilte Fälle veröffentlichte, wobei er zugleich die Methode erstmals bei frischen und komplizierten Knochenbrüchen anwandte.

Die erste größere Zahl durch Elfenbeinbolzen behandelter Fälle publizierte 1892 GAUDARD (75) aus der Aargauischen Kantonalen Krankenanstalt, wo die Methode bei 28 rebellischen Dislokationen, 5 Pseudarthrosen und zweimal zu osteoplastischen Zwecken benutzt wurde. Dabei konnte bei 32 Patienten vollständige Heilung mit überwiegend gutem anatomischen und funktionellen Erfolg erzielt werden. Aus derselben Klinik konnte 1907 E.BIRCHER (14) ca. 75 neue Fälle melden, wobei er besonders auf die unschätzbare Hilfe durch die 1895 von RÖNTGEN in den Dienst der medizinischen Wissenschaft gestellten Röntgenstrahlen hinwies.

Wegen der guten Ergebnisse empfahlen auch SCHÜLER (284), GLUCK (79) und MUNK (232) die intramedulläre Elfenbeinbolzung.

MARKEES (214) veröffentlichte 1896 24 Fälle aus der Basler

Klinik, an der bei 5 komplizierten Frakturen des Armes und 9 solchen des Beines volle Heilung erzielt wurde und von 10 Pseudarthrosen nur zwei nicht geheilt werden konnten.

Auf dem Deutschen Chirurgenkongreß 1907 empfahl KÖNIG (143), den Elfenbeinstift mit Draht an den Fragmenten festzunähen, da er häufig verrutsche, eine Tatsache, die auch E.BIRCHER (14) beobachtet hatte.

Von HELLER (115) wurde 1929 ein Verfahren angegeben, das die Bolzung von Vorderarmfrakturen erleichtern sollte. Danach wird der Elfenbeinstift an einem Ende mit einer Drahtschlinge verbunden, die am zweiten Fragment durch ein Bohrloch nach außen geführt ist und so den Bolzen von einer Markhöhle in die andere ~~hin~~überziehen kann. Nach der Reposition soll der Draht wieder entfernt werden.

KÜNTSCHER (149) sah den entscheidenden Nachteil der Bolzung in der Schädigung der Markhöhle und des Endostes, das durch den Stift zerquetscht wird. Auch fülle der Stift den Markraum so vollständig aus, daß keine Gefäße mehr von innen her an die Compacta in Bruchnähe und an den Callus heran können. Da die Bolzen zwar in fester Verbindung mit der Compacta einheilten, der Bruchspalt aber nicht mit Callus überbrückt wird, müßten sie bei starker Beanspruchung dann infolge Kerbwirkung einem Ermüdungsbruch zum Opfer fallen.

Um die knöcherne Regeneration zu erleichtern, wurde deshalb 1941 von ZIELKE (335) ein längs und quer perforierter Elfenbeinzylinder benutzt, der sich in 4 Fällen von geschlossenen Brüchen einwandfrei bewährte.

Auch zur Osteosynthese von Oberarmhalsbrüchen verwendete ZIELKE (336) einen Elfenbeinzylinder, den er zunächst in den Schaft eintrieb und dann die etwas ausgehöhlte Kopfkalotte auf das hervorstehende Bolzenende stülpte.

Durch die Weiterentwicklung der Marknagelung nach KÜNTSCHER und anderer Verfahren operativer Knochenbruchbehandlung hat die Methode der Elfenbeinbolzung immer mehr an Bedeutung verloren und wurde 1964 von NABAVI (235) als überholt bezeichnet.



Abb.4
Stahlbolzen nach
HEY GROVES



Abb.5
Bolzung mit einem
Silberstab nach SCHÖNE

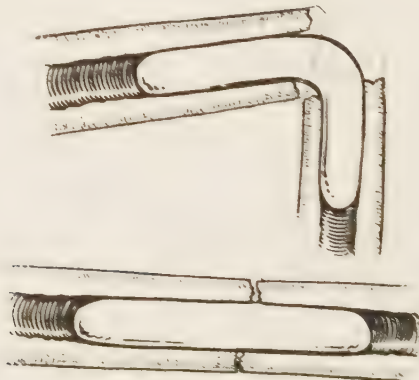


Abb.6
Verwendung eines Bolzens aus thermoplastischem
Kunststoff

2113 Metallstifte

HEY GROVES (84) publizierte 1912 erstmals Erfahrungen mit Metallbolzen. Da Magnesium in wenigen Wochen absorbiert würde und Aluminium im Röntgenbild schlechter zu erkennen war, empfahl er Bolzen aus Stahl. Er verwendete sowohl solche, die mittels eines feinen Drahtzuges eingeführt werden konnten, als auch solche, die an beiden Enden angespitzt und in der Mitte gegen Verrutschen mit Querstäbchen versehen waren (Abb.4). 1913 kam SCHÖNE (282,283) auf den Gedanken, einen biegsamen, aber doch festen Silberstab zur inneren Schienung von Unterarmfrakturen zu benutzen. Dieser konnte beliebig lang sein und fest und unverrückbar in die Markhöhle eingepaßt werden. Die Silberbolzen (Abb.5) hatten einen Durchmesser von 2,8 bis 4,0 mm und waren am vorderen Ende abgerundet, um einem Verhaken vorzubeugen; eine Veranlassung zur nachträglichen Entfernung hatte sich bei allen 7 Fällen nicht ergeben. SCHÖNE wies besonders auf die antiseptische Kraft des Silbers hin und erhoffte sich von zukünftig viereckigen Bolzen statt der bisher runden eine sichere Vorbeugung gegen eine mögliche postoperative Dislokation.

GULEKE (89) empfahl 1927 einen Nagel als Bolzen zu gebrauchen, um dessen Mitte ein Faden geknüpft ist, der das Einführen in die Markhöhlen erleichtern sollte.

Eine weitere Technik gab 1933 MÜLLER-MEERNACH (228) an, der versuchte, bei insgesamt 26 Frakturen und Pseudarthrosen u.a. des Oberschenkels und der Tibia mit Stahlbolzen die aufgeschobenen Knochenenden fest und stabil aufeinanderzupassen. Er kam dabei ohne Streck- oder Gipsverband aus, und die Gelenke waren so frei zugänglich. Seine Bolzen waren entweder rund und bei einem Durchmesser von 3-4 mm etwa 5 bis 9 cm lang, oder sie hatten einen kreuzförmigen Querschnitt, um noch bessere Verbiegungsfestigkeit und eine Zirkulation des Markes zu erreichen und weniger Fremdmaterial versenken zu müssen. Letztere waren dann bis 10 mm stark und 17 cm lang. Die Metallstifte ließen sich allerdings später nicht mehr entfernen.

Für die Vorversuche zur Entwicklung der Marknagelung benutzte KÜNTSCHER (149,174) 1939 Bolzen von quadratischem oder rundem Querschnitt und bei der ersten Anwendung am Menschen Schenkelhalsnägelnach S.JOHANSSON. Obwohl seine Ergebnisse nicht schlecht waren, konnte doch keine genügende Festigkeit gegen Verdrehung und keine wirklich feste Vereinigung beider Bruchstücke erzielt werden. KÜNTSCHER erkannte die Ursache dafür in der mangelnden Anpassungsfähigkeit des kaum zusammendrückbaren Bolzens an den fast nicht dehnbaren Querschnitt des Knochenrohres. Als Konsequenz schuf er bei seinen Marknägeln eine elastische Verklebung zwischen Nagelblech und Knochen. Auch K.H.BAUER (9) hatte 1943 mehrere Pseudarthrosen, z.B. der Tibia, durch Bolzung mit einem SMITH-PETERSEN-Nagel mit wechselndem Erfolg versorgt.

Um die seinerzeit noch zahlreichen Schwierigkeiten mit der KÜNTSCHER-Nagelung zu umgehen, empfahl 1947 HERZOG (122) sein Verfahren der Gleitbolzung, das er bei veralteten Unterarmbrüchen, Unterschenkel pseudarthrosen und Claviculafrakturen praktizierte. Dabei handelte es sich um einen Bolzen aus V2A-Stahl, der zur Hälfte gewindeartig eng geriffelt war, um ihn durch hebelnde Bewegungen mit einem Meißel in die freie Markhöhle hineingleiten lassen zu können.

2114 Kunststoffbolzen

Durch die Nutzbarmachung der verschiedenen Kunststoffe für die medizinische Technik sind dem Verfahren der Frakturenbolzung neue Möglichkeiten eröffnet worden.

HEINZE (113,114) zeigte 1958 die Verwendung thermoplastischer Kunststoffe als Bolzenmaterial, da die Polyamide schon bei noch körperverschträglichen Temperaturen formbar sind. Ein solcher auf ca. 60°C erhitzter Stift läßt sich mit der Hand biegen und in die Markhöhlen der gegeneinander abgeknickten Bruchstücke einlegen, wird dann in die normgerechte Lage zurückgebogen, erkaltet und wird fest (Abb.6). Erst ab etwa 8 mm Durchmesser besteht eine genügend hohe Festigkeit. Bei suprakondylären Frak-

turen des Humerus und Femur konnte HEINZE mit bis zu 15 mm starken Bolzen eine sichere Fixation erreichen, legte aber trotzdem für einige Wochen einen Gipsverband an.

Weitere Erfahrungen mit einem Blockpolyamid publizierte 1961 BURKHARDT (37). Er verwendete Miramid BS1, das chemisch dem Perlon entspricht. Bei mehreren Versuchsreihen an Hunden konnte er eine reizfreie Einheilung und gute Verträglichkeit nach fünfjähriger Implantationszeit histologisch sichern. Beim Menschen benutzte er dieselbe Technik wie HEINZE und versah den Bolzen mit einer 2 mm starken zentralen Längsbohrung zum Druckausgleich in den Markhöhlen. Ein ruhigstellender Verband an der oberen Extremität war unnötig, da das Material postoperativ bis zu 14 % durch Quellung an Volumen zunahm und eine sichere Osteosynthese erreichen ließ. Außer Humerusfrakturen heilte er auch Claviculafrakturen und Femurschaftquerfrakturen von Jugendlichen.

1964 schließlich berichtete TIMMERMANS (306) über das Polymkarbonat Makrolon. Die daraus hergestellten Nägel sind federnd-flexibel und biologisch neutral; sie können von außerhalb der Bruchstelle her zu mehreren in den Markraum eingebracht werden, bis sich die Fraktur stellt und fixiert wird, jedoch sind kleine Biegebewegungen noch möglich. Seine ersten Erfahrungen sammelte TIMMERMANS bei Frakturen der Tibia und einem gelenknahen Stückbruch des Femur.

2115 Markraumschienung mit Holzmaterial

Daß er sogar Holz in die Markhöhle versenke, gab 1939 TEODORESCU (304) an. Tierexperimente hatten ihm eine gute Verträglichkeit des Knochengewebes auf Holz bewiesen, so daß er auch bei Menschen in 6 Fällen damit eine Bolzung durchführte. Es handelte sich dabei um Schaftfrakturen von Humerus, Radius, Ulna und Tibia, außerdem wurde auch ein Defektbruch des Humerus durch einen Holzstift in der Markhöhle überbrückt.

Die Bolzen hatten Brettchenform (Abb.7), um mit dem Markhöhlensylinder nur mit kleinen Flächen in Berührung zu kommen. Das

Einschieben des Bolzens aus der einen in die andere Markhöhle wurde entweder durch einen in ihn eingeschlagenen Nagel ermöglicht, der in einem am Knochenrohr angebrachten Kanal gleitet, oder mittels Zuges an einem Draht, der am Bolzen befestigt ist.

Das Holz saugte sich mit Gewebssäften voll und erlitt so eine örtliche Dehnung und ermöglichte dadurch eine gute Verklebung der Fragmente. Als Vorzugsmaterial wurde Akazien- oder Eichenholz empfohlen, zumal den Tanninkörpern in den Eichensäften eine antiseptische Wirkung zugemessen wurde.

212 Erste Versuche einer Nagelung und Markdrahtung

Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte nach Angabe von KÖNIG (142) der deutsche Chirurg LANGENBECK Halsfrakturen des Oberschenkels durch Einschlagen eines Stahlstiftes von einem unterhalb vom Trochanter gelegenen Punkt aus behandelt. HERZ (119) und CORB (43) erreichten ebenfalls bei Schenkelhalsbrüchen eine dauerhafte Konsolidation, indem sie nach Freilegung der Fraktur einen Stahlnagel eintrieben. CORB befürwortete allerdings bei älteren Patienten die von NICOLAYSEN (238) 1897 in 21 meist erfolgreichen Fällen beschriebene percutane Eintreibung eines 15 cm langen Stahlnagels vom Trochanter aus.

WHITMAN (327) hat um 1902 zu demselben Zweck einige Zeit lang durch die Weichteile einen Bohrer eingeführt und in der Achse des Schenkelhalses für einige Monate zur Unterstützung der Fixation durch den Gipsverband liegen lassen.

Weiterhin erschien 1906 von DELBET (49) eine Veröffentlichung, in der er seine Praxis der extraartikulären Osteosynthese mit Metallschrauben unter Röntgenkontrolle bei Schenkelhalsbrüchen schilderte.

Aber erst mit dem 1931 von SMITH-PETERSEN (290) angegebenen Dreilamellennagel aus nichtrostendem Stahl und der seit 1932 von S. JOHANSEN (135) dahingehend verbesserten Methode, daß der nun mit einem Zentralkanal versehene Nagel über einen Führungs-

draht ohne Frakturfreilegung eingeführt werden konnte, fand die Nagelung von spongiösem Knochen ihre Vollendung.

Nach LANZ und WACHSMUTH (189) wird vom 6. Lebensjahrzehnt ab die Spongiosa fortschreitend abgebaut, so daß eine zentrale Höhle entsteht, die sich mit Altersmark füllt. Bei diesem Vorgang geht dann sogar oft die Halshöhle direkt in die Schafthöhle über, es verschwinden mit den unterschiedlichen Voraussetzungen auch die grundlegenden Unterschiede der Prinzipien der Schenkelhalsnagelung und der Markraumfixation.

Mit der axialen Schienung vom Markraum aus begann 1907 LAMBOTTE (179) bei Claviculafrakturen. 1910 präsentierte er auf der Société Belge de Chirurgie seine Methode der Frakturvereinigung mit Longitudinalschrauben (180). Später ersetzte er die Schrauben durch dünne Zimmermannsnägel (181), mit denen er z.B. einen gebrochenen Schenkelhals fixierte, und bei einer subtrochanteren Femurfraktur schlug er einen langen dünnen Nagel vom Trochanter aus in den Schaft vor und zwei weitere in den Schenkelhals ein.

Das erstemal verwendete 1916 (85) und 1918 (86) HEY GROVES in England dicke Marknägel, die den Markraum ganz ausfüllten (Abb.8). Er führte sie bei Femurschaftfrakturen vom Trochanter, bei Humerusschaftfrakturen von der Tuberositas und bei Ulnarschaftfrakturen vom Olecranon aus ein. Entweder schlug er sie vom proximalen Bruchstück über den Frakturspalt ins distale vor, oder er benutzte auch schon die retrograde Methode. Seine Nägel waren ein perforiertes Stahlrohr, ein Stahlstab mit kreuzförmigem Querschnitt und ein runder massiver Stab, wovon er letztgenannten als den besten erachtete, weil er am meisten Halt gäbe. Ein Nachteil seines Verfahrens lag darin, daß die Nägel zu kurz waren, denn sie reichten nur wenige Zentimeter in das distale Fragment; auch ergaben sich Schwierigkeiten mit Gewebsreaktionen auf das Metall.

1934 deuteten MÉNÉGAUX, ODIETTE und MOYSE (224) an, daß die Knochenresorption um Schrauben und Nägel aus Metall wohl mehr das Ergebnis der Elektrolyse, als einer Toxizität oder Infektion sei. Und 1936 konnten dann VENABLE, STUCK und BEACH (311) durch

ihre Erforschung der Elektrolyse von Metall in vivo den bisher größten Nachteil der medullären Fixation überwältigen; sie empfahlen die Verwendung von elektrolytisch neutralem und korrosionssicheren Material.

Seit 1929 behandelte auch NOWOTNY (239) Schlüsselbeinbrüche durch direkte axiale Fixierung; ebenso berichtete 1932 SOMMER (295) darüber, der dazu einen KIRSCHNER-Draht verwendete, dessen körperfernes Ende er nach Vereinigung der Weichteile und der Haut zwischen zwei Nähten herausleitete und 2 cm über der Haut abkniff.

1934 benutzte FREY (70) zur Operation von Brüchen an dem oberen Ende des Oberarmes einen langen, von der Schulter her eingeschlagenen Tapeziernagel.

Zur offenen oder geschlossenen Markraumfixation zahlreicher Frakturen der Clavicula, Metacarpalia, Phalangen, Knöchel und des Humeruskopfes nahm JOLY (136) seit 1935 den KIRSCHNER-Draht.

In Belgien verwendete 1937 DANIS (47) massive Stahldrähte bei Frakturen des Unterarmes und der Knöchel.

1937 zeigten in den USA L.V.RUSH und H.L.RUSH (265) die Heilung einer Monteggia-Fraktur nach longitudinaler Fixation mit einem STEINMANN-Nagel (Abb.9). 1939 publizierten sie (266) dann ihre Erfahrungen bei der erfolgreichen Anwendung eines modifizierten STEINMANN-Nagels mit einer kragenartigen Verdickung am körperfernen Ende, die ein Hineinwandern in den Markkanal verhindern sollte, bei Frakturen von Humerus, Ulna und Femur (Abb.10).

Auch MURRAY (233) hatte 1937 mit der axialen Drahtfixation bei Claviculafrakturen begonnen. Er stellte 1940 29 so behandelte Fälle ohne Infektion und Pseudarthrosenbildung vor, und er empfahl deshalb die Markdrahtung bei Frakturen von Knochen mit dünner Markhöhle, wie Radius, Ulna und Fibula.

LAMBRIDUNI (183) referierte 1940 über den Gebrauch von intra-medullären KIRSCHNER-Drähten am Unterarm und Femur, schien aber, nach WATSON-JONES (321) zu urteilen, damit keinen sehr großen Anklang gefunden zu haben.

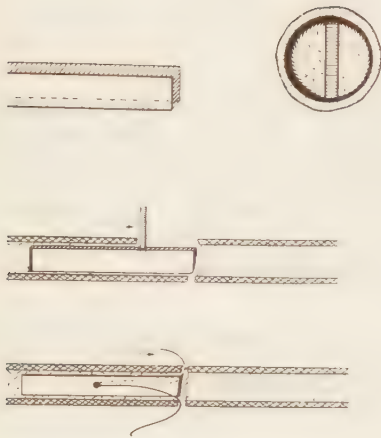


Abb.7
Markkraumschienenung mit Holz

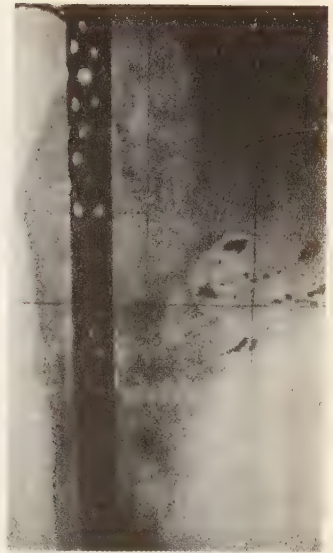


Abb.8
Marknagel von HEY GROVES
(1918)



Abb.9
Verwendung eines STEINMANN-
Nagels durch RUSH



Abb.10
Modifizierter STEINMANN
Nagel nach RUSH

213 Axiale Schienung des Markraumes mit Draht

2131 KIRSCHNER-Draht

Daß einzelne Chirurgen trotz der Möglichkeit der Erzielung einer stabilen intramedullären Osteosynthese mit dem KÜNTSCHER-Nagel die Markdrahtung mit dem KIRSCHNER-Draht (Abb.11) bevorzugen, wird von ihnen verschieden begründet; allen ist aber bewußt, daß damit der Knochen nicht mechanisch so vollkommen zu ersetzen ist, daß auf jede weitere äußere Schienung verzichtet werden könnte.

Technische Probleme stellten sich bei diesem Operationsverfahren kaum, seit MURRAY (233) und LAMBRIDUNI (183) sind sie sowohl für die offene, als auch die geschlossene Methode weitgehend gelöst.

Während des Zweiten Weltkrieges wurde die innere Schienung mit KIRSCHNER-Draht besonders im Ausland häufig angewandt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die KÜNTSCHER-Nagelung oft wegen Materialschwierigkeiten nicht möglich oder überhaupt noch nicht bekannt war.

So verwendeten 1943 COLOBIE (42), GODARD und LEVEUF (807), LAURENCE (190) und GOUMAIN und LABABRE (83) die Markdrahtung hauptsächlich bei Claviculafrakturen.

1944 beschrieben DICKSON (52), MICHEL-BECHET und GODARD (225) und CEDERMARK (38) die intramedulläre Fixation mit Draht bei Unterarm-, Humerus- und Tibiafrakturen.

1945 waren es BARD (7), HERNANDES (118), LONG und FETT (198), MURRAY (234) und 1946 SUIRE und THOBOIS (301) und GUILLEMINET (88), die den KIRSCHNER-Draht empfehlen.

In der Schweiz veröffentlichte 1946 JEKER (133) seine Erfolge bei 14 Längsdrahtungen der Clavicula und wies auf die gute Retention mit dem nur sehr kleinen Fremdkörper hin.

BÜRKLE DE LA CAMP (34) schlug 1947 den Markdraht zur Behandlung von Vorderarmbrüchen vor, wenn Marknägels zu dick sind. Auch BSTEH (31) befürchtete bei dieser Frakturart technische Schwierigkeiten bei der KÜNTSCHER-Nagelung; er versuchte durch einen kleinen Achsenknick an der Spitze des Drahtes ein leicht-

teres Einführen in den Markraum und auch in das andere Fragment zu gewährleisten.

FEVRE (61) berichtete 1948 über die Markdrahtung von Unterarmbrüchen bei Kindern, KNIGHT und PURVIS (139) und STUCK und THOMPSON (300) 1949 über diesselbe bei Erwachsenen.

PERONI (250) glaubte 1950, daß bei Claviculafrakturen nur die medulläre Osteosynthese mit dem KIRSCHNER-Draht ein befriedigendes Ergebnis geben kann.

1951 referierte BRUNELLI (30) über 47 Fälle derart behandelter Schlüsselbeinbrüche, desgleichen GECKELER (76) über seine 28 Patienten.

Bei 64 Fällen von Claviculafrakturen, supracondylären Humerusfrakturen, Unterarmbrüchen und -pseudarthrosen, sowie bei schweren Mittelhand-, Mittelfuß- und Fingerbrüchen erkannte LANDELIUS (184) die Vorzüge der offenen oder geschlossenen KIRSCHNER-Drahtung im leichten Einbringen und Entfernen der Drähte und in der geringen Gefahr der Mark-, Gelenk- oder Epiphysenlinienverletzung.

PRATT (252) behandelte Abrisse der Extensorsehne am Finger mit der intramedullären Drahtung, ebenfalls CASSCELLS und STRANGE (40) und BLUM und AHRER (13).

OPERTI (242) legte 1952 eine Erfolgsstatistik über 147 gedrahtete Schlüsselbeinfrakturen vor.

Eine supracondyläre Femurfraktur konnte 1953 VILMAR (312) dadurch ideal reponieren, daß er den Markdraht innen etwas in die Corticalis des distalen Fragmentes eintrieb.

WILLENEGGER (328) und ZIZLAVSKY (338) hatten ebenfalls Unterarmfrakturen mit dem KIRSCHNER-Draht behandelt, da wegen der engen Markhöhlen nur eine geringe seitliche Dislokation zu erwarten ist.

Zur Behandlung der supracondylären Oberarmbrüche der Kinder teilte 1954 FORGON (67) mit, daß er bei durch das Ellenbogengelenk eingeführtem Markdraht den Gipsverband und damit auch die Gefahr der ischämischen Muskelkontraktur habe vermeiden können.

Während VITTADINI (313) mit 77 gedrahteten Schlüsselbeinbrü-

chen 1955 sehr zufrieden war, offenbarte GAERTNER (74) 18 schlechte Ergebnisse. Auch REHM (258) konnte von 8 operierten Unterarmfrakturen nur eine einzige knöcherne Konsolidierung ohne Komplikationen vorweisen, die übrigen Mißerfolge und eine aseptische Osteomyelitis führte er auf die beobachteten Korrosionsstellen an den Enden der V2A-Drähte zurück. RAŠOVSKI (254) hatte ebenfalls 7 unbefriedigende Behandlungsergebnisse bei 20 Patienten mit Unterarmfrakturen, wofür er als Ursache ein Schwingen der Drähte bei Frakturen im distalen Drittel angab.

Als Alternative zu der bei offenen Unterschenkelbrüchen grundsätzlich abgelehnten Marknagelung bezeichnete ZRUBECKY (340) die Markdrahtung, besonders zur Verhinderung der Seitenverschiebung bei unstabilen Bruchformen und bei primärer Schädigung der Haut durch ein Bruchstück.

Bis 1956 operierten MARINI und SEBELLINI (213) 122 Claviculafrakturen, wovon 112 ausgezeichnet heilten. Ebenso konnte LABES (176) über 9 gute Ergebnisse 1957 berichten.

COTTA (45) sah 1959 in der kindlichen Claviculapseudarthrose und der Querfraktur eine absolute Indikation zur KIRSCHNER-Drahtung. SACHSE (273) empfahl den Markdraht wegen des Vorzugs der kleineren mechanischen Schädigung und der geringen Infektionsgefahr durch den im Nagler geführten Draht.

Bei Grundgliederquerfrakturen der Finger verwandten FÖRSTER und MEHNER (66) den KIRSCHNER-Draht und ließen ihn auch nach erfolgter Heilung liegen.

Nach offener Markdrahtung ihrer Unterarmfrakturen zeigten 11 von 15 Patienten von CHIARI und SPÄNGLER (41) 1960 gute funktionelle Ergebnisse; die Autoren nannten als Grund ihrer Behandlungsmethode die anatomische leichte Krümmung der Unterarmknochen, den stark wechselnden Markhöhlendurchmesser und die Gefahr der Distraktionspseudarthrose bei Verwendung eines dickeren Marknagels.

Über 10 gedeckte Markdrahtungen bei Querbrüchen am Unterschenkel berichteten FRANK und KISSLER (69) und sahen den Vorteil dieses Vorgehens in dem nur kleinen Eingriff und vor allem in

der im Gegensatz zum Marknagel möglichen notwendigen Verkürzung als Vorbedingung einer raschen Callusbildung.

Unstabile Unterschenkelchaftbrüche mit KIRSCHNER-Draht zu fixieren, empfahlen 1961 ebenfalls SCHUMANN und SALMUTTER (287), die diese Methode als Zwischenlösung lediglich zur Sicherung des Repositionsergebnisses anwandten und bei 26 Patienten eine komplikationslose Heilung erzielen konnten.

Mit dem Problem der Schlüsselbeindrahtung befaßten sich auch BODROGI und HANGOS (18), die besonders die offene Methode verteidigten und über 44 gut gelungene Fälle verfügten. RICHARD (260) versorgte diese Frakturart operativ, da damit die Dislokation verhindert und beim Verbandswechsel die Fragmente nicht irritiert werden konnten. KNÖFLER (140) sah 1962 in der Markdrahtung die Methode der Wahl zur optimalen Behandlung bestimmter Claviculafrakturen und zwar wegen der ideal möglichen Einstellung und den Schwierigkeiten beim Einschlagen eines dicken Marknagels in die nach KÜNTSCHER (157) ohnehin teilweise mit Spongiosa erfüllte Markhöhle. Von 353 Schlüsselbeinbrüchen hatte er 47 erfolgreich offen operativ versorgt.

ZOLCZER, SOMOS und MANNINGER (539) erreichten 1962 bei allen 19 mit KIRSCHNER-Draht behandelten Unterarmbrüchen eine knöcherne Konsolidation.

Wegen der einfachen Technik benutzte PAUL (243) die medulläre Drahtschienung der Unterschenkelbrüche von 1960 - 1964 in 45 Fällen und erreichte immer zumindestens eine achsengerechte Stellung der Fraktur.

Geleitet von der Sorge um reizlose Wundheilung des frischen offenen Unterschenkelbruches vor allem bei schweren Hautschäden, hat TITZE (307) 1965 sein Vorgehen weiterempfohlen, als Kompromißlösung bis zur Durchführbarkeit der sekundären stabilen Marknagelung mit Aufweiten der Markhöhle zunächst primär mit einem Markdraht für 4 - 6 Wochen eine neuerliche Verschiebung der Bruchstücke zu verhindern.

2132 Draht mit Dreieckprofil

Bei der Behandlung der Querfrakturen des Vorderarmes in Schaftmitte versuchte 1946 OBERHOLZER (240), die Komplikationsgefahren bei der Verwendung des V - förmigen KÜNTSCHER-Marknagels zu verringern. Um die zeitraubende Repositionsdauer mit evtl. nicht vermeidbarer Schädigung von Muskulatur und Gefäßen und die Möglichkeit einer Fragmentsprengung nicht in Kauf nehmen zu müssen, verwendete er zunächst einen dicken KIRSCHNER-Draht, war aber wegen der nicht gar zu selten vorgekommenen dislocatio ad peripheriam damit nicht zufrieden.

Deshalb ging er zum Gebrauch eines Dreikantdrahtes über, der sich nicht um seine eigene Achse drehen konnte. Mit dieser Methode konnte er seit März 1944 in 10 Fällen sehr gute anatomische und funktionelle Endresultate erzielen.

2133 Draht mit Gewinde

Nachdem sie schon einige Jahre mit Erfolg Olecranonfrakturen mit dünnen Markraum-Schrauben aus rostfreiem Stahl behandelt hatten, modifizierten 1949 SCHWARTZ und HARMON (288) diese Methode in Bezug auf das Fixationsmaterial.

Sie entwickelten verschieden starke, flexible Stahl-Drähte mit eingeschnittenem Gewinde. Diese konnten in das Futter eines Bohrers eingespannt und in die Markhöhlen von frakturierten und offen reponierten Unterarmknochen, Humerus und Tibia eingedreht werden.

Die Drähte hatten einen Durchmesser von ca. 3,2-5,4 mm und eine Länge von ca. 15 - 38 cm. Das in den Knochen versenkte Ende des Drahtes war stumpf und leicht abgerundet, um die innere Oberfläche der Corticalis nicht zu schädigen und ein Durchbohren nach außen zu vermeiden. Für Humerus und Ulna standen für die retrograde Einführung auch scharfe und spitze Drähte zur Verfügung.

SCHWARTZ und HARMON konnten über 30 gute Ergebnisse berichten und empfahlen die Methode wegen ihres Vorteils der longitudinalen und transversalen Stabilität in anatomischer Position.



Abb. 11
Markdrahtung einer
Claviculafraktur
mit KIRSCHNER-Draht

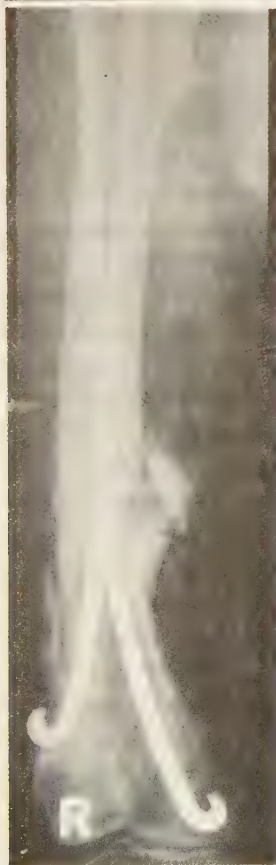


Abb.12
RUSH-Pin - Technik bei
einer Femurpseudarthrose



Abb.13
KÜNTSCHER-Nagelung einer
Verkürzungsosteotomie

214 RUSH-Pin - Technik

Die Entwicklung des heutigen RUSH-Pin wurde 1948 abgeschlossen (268,271); der STEINMANN-Nagel ist derartig abgeändert worden, daß er der chirurgischen Beherrschung des für die KÜNTSCHER-Marknagelung nicht sehr günstigen unteren Femurdrittels optimal gewachsen ist (Abb.12), was sich L.V.RUSH und H.L.RUSH zur Aufgabe gestellt hatten. Aus der notwendigen seitlichen Einführung ergab sich die Forderung, zwar kurvengängig und biegsam zu sein, doch durch elastische Federung in der Längsrichtung sich dem Verlauf der Markhöhle anzupassen und der Fixation Stabilität zu verleihen.

Als geeignetes Material hatte sich ein rostfreier Spezialstahl herausgestellt (270). Der Pin ist massiv und drehrund, die Spitze (267) an einer Seite schräg angeschliffen, um den Pin schlittenkufenartig an der Cortikalis entlanggleiten zu lassen und ihn durch Eintreiben in die distale Spongiosa gegen Rotationsverschiebungen zu stabilisieren. Das körperferne Ende ist als ein abgerundeter Haken ausgebildet, der über die Richtung der Spitze orientieren kann; durch Umfassen der Cortikalis verhütet er eine mögliche Rotation, sowie das Einwandern oder Herausrutschen aus dem Knochen und vereinfacht schließlich das Herausziehen.

Die Indikation ist von L.V.RUSH (271) auf Grund seiner Erfahrungen bei fast 700 Fällen sehr ausgedehnt angegeben worden: Frische offene Frakturen, Pseudarthrosen, in Fehlstellung geheilte Frakturen, gesplitterte, lange Schräg- oder Spiralbrüche praktisch aller langen und kurzen Röhrenknochen.

Das wichtigste bei der RUSH-Pinnung ist die Anwendung eines neuen Prinzipes in der Markraum-Osteosynthese. Es wird nicht wie beim KÜNTSCHER-Nagel und allen anderen Nagelformen eine „stabile Osteosynthese“ angestrebt durch feste und unverrückbare Vereinigung zwischen Marknagel und Bruchstücken, sondern es soll eine „dynamische Fixation“ erzielt werden. Dem Prinzip der Verklemmung durch Querelastizität wurde also entgegengesetzt dasjenige der Verspannung durch Längselastizität und durch gezielten Dreipunkte-Druck.

Das Ausmaß der Verspannung kann vom Operateur reguliert werden durch Länge und Dicke des Pins, dessen Biegung innerhalb der Markhöhle und den jeweiligen Einschlagwinkel. Dabei werden dynamische Kräfte von einem geraden Pin nur in einem gekrümmten Knochen und von einem vorgeschränkten Pin nur in einem geraden Markraum erzeugt.

Aus den gesetzmäßigen Reaktionen des gebrochenen Knochens und des verwendeten Pins sind direkt die Gefahren des Verfahrens zu erkennen: Achsenknickung, Deformierung, Distraction und Pseudarthrosenbildung drohen in der Praxis bei unüberlegtem Einsatz der richtungsmäßig physikalisch exakt definierten Kräfte.

Einfacher sind die Verhältnisse bei der Doppel-Pin-Methode, wobei, besonders in Gelenknähe, der Elastizität des einen Stabes ein zweiter mit etwa gleicher Spannkraft entgegengestellt wird (Abb.12).

Daß es sich bei der Verwendung des Pins nicht um eine Nagelung handelt, wurde schon von RUSH (271) betont; deshalb verwendete auch GELBKE (77), der das Verfahren 1955 in Deutschland bekannt machte, bewußt den englischen Ausdruck Pin.

GELBKE (77) bezeichnete die RUSH-Pinnung bei gelenknahen Frakturen als eine gute Ergänzung der klassischen KÜNTSCHER-Nagelung, da sie hier eine therapeutische Lücke schließen könnte. Die Erprobung der Methode an der Göttinger Klinik, über die GELBKE (78) 1957 nochmals berichtete, konnte die Brauchbarkeit bei gesplitterten Brüchen in Gelenknähe beweisen, wobei keine Fettembolien oder irreversible Nagelverklebungen vorgekommen waren.

Weitere Erfahrungen mit der RUSH-Pinnung schilderte HACKETHAL 1957 (91) und 1961 (93). Er sah eine Vorrangindikation für die Anwendung der Doppelpinmethode zur Stabilisierung von Querfrakturen in trichter- bzw. trompetenförmigen Knochenabschnitten, während der Erfolg bei Benutzung nur eines Pins zu vergleichen war mit dem eines zu dünn gewählten KÜNTSCHER-Nagels und meist unbefriedigend ausfiel. Als typische Komplikationen wurden Pinwanderung und Achsenknickung im Sinne der Pinkrümmung genannt.

KOSLOWSKI (146) berichtete 1958 über eine ziemlich weite Indikationsstellung, da neben den verschiedenen gelenknahen Frakturen auch Humerus-, Radius- und Ulnaschaftbrüche, ja selbst solche der Tibia mit gutem Erfolg mit RUSH-Pins versorgt werden konnten, während man bei Claviculafrakturen schlechte Erfahrungen machen mußte.

Im Gegensatz dazu konnte CRONE-MÜNZEBROCK (46) bei Schlüsselbeinbrüchen eine absolut stabile Osteosynthese erreichen.

PEITSCH (246) erzielte bei Schaftfrakturen von Humerus, Radius und Ulna bei nach Länge und Durchmesser richtig gewählten Pins die gleiche Stabilität wie mit einem Marknagel.

Nach HACKETHAL (93) hatte bis 1960 die anfängliche Begeisterung für die RUSH-Pin-Technik wieder etwas nachgelassen, und auch BÜCKLE DE LA CAMP (36) hielt die Marknagelung insgesamt für überlegen.

MAURATH, KÖBLER und CHRIST (220) hatten bei über 70 Fällen einmal besonders bei Schaftfrakturen eine Distraction der Fragmente erleben müssen, auch war die notwendige Ruhigstellungs- und Heilungsdauer oft gegenüber anderen Methoden verlängert.

Eine mathematische Berechnung und physikalisch exakte Versuche über das Verhalten der RUSH-Pins bei Schaftbrüchen ergaben, daß die Fragmente an der Bruchstelle nicht so fixiert werden können, daß äußeren Kräften ein nennenswerter Widerstand entgegengesetzt würde, außer bei der Doppelpinmethode. Die Minimalforderung, daß eine eingetretene Distraction wenigstens durch den RUSH-Pin rückgängig gemacht werden müsse, wurde nicht erfüllt. Deshalb mahnen die Autoren zur Zurückhaltung bei der Anwendung, möchten die RUSH-Pinnung dennoch bei verschiedenen, wohl gelenknahen Fraktursituationen nicht missen.

Daß der RUSH-Pin in den letzten Jahren bei uns trotzdem einen festen Platz in der operativen Knochenbruchbehandlung eingenommen hat, kann man u.a. den Berichten von BÖTTGER (27), FUCHS und KÄMMERER (72), FUCHS (73), GÖPFERT (82), HÄRTEL (103), HEINEMANN (112), HENNE (116,117), HOLLE und SCHAUTZ (131), NABAVI (235,236), SCHAUTZ und WILHELM (278), SCHINK (279) und WEISS (323) entnehmen.

215 Bündel-Nagelung nach HACKETHAL

2151 Vorläufer der Methode

KÜNTSCHER (153,173) hatte 1939 Schaftbrüche beim Hund durch Auffüllung der Markhöhle mit KIRSCHNER-Drähten behandelt, um zu beweisen, daß die Entfernung des Markes und die Ausfüllung der Markhöhle keinerlei Schäden bewirken oder Callusbildung und Heilung stören.

Zur Verbesserung der mit nur einem KIRSCHNER-Draht bei einer Femurfraktur nur ungenügend erreichten Stabilität verwendete LAMBRIDUNI (183) 1940 mehrere Drähte.

Mit retrograder multipler Markdrahtfüllung hat ZEHNDER (333, 334) seit 1944 konservativ nicht befriedigend einstellbare Vorderarmfrakturen oder isolierte Ulnafrakturen versorgt. In über 50 Fällen bis 1964 erreichte er eine gute knöcherne Konsolidation.

BÜCKLE DE LA CAMP (34) hat 1947 die intramedulläre Drahtung mit zwei oder drei KIRSCHNER-Drähten bei Pseudarthrosen des Unterarms durchgeführt. Er ist aber später wieder von dieser Methode abgekommen.

Im selben Jahr berichtete LEZIUS (195), daß sich ihm zur stabilen Fixation eines periostbedeckten Fibulastückes als osteoplastische Überbrückung von Vorderarm-Knochendefekten mehrere KIRSCHNER-Drähte aller Stärken statt eines Marknagels in jeder Beziehung bewährt hatten.

1950 schrieb BIEBL (13) über die Möglichkeit, Frakturen oder Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen durch transkortikale Bolzung mit einigen gebündelten KIRSCHNER-Draht - Stücken zu heilen.

LANDELIUS (184) publizierte 1951 eine Reihe von Fällen, wo er bei Frakturen der kleinen Röhrenknochen, bei kindlichen Unterarmbrüchen und bei Frakturen am unteren Humerusende mehrere KIRSCHNER-Drähte zusammen verwendete.

Da für ihn wegen der Unmöglichkeit der Beschaffung von KÜNTSCHER-Nägeln die Marknagelung nicht durchführbar war, „nagelte“ POHL (251) bei Frakturen am proximalen Humerusende von einem Bohr-

loch distal der Bruchstelle aus 2 - 3 dickste KIRSCHNER-Drähte in das Kopffragment ein. Unter bewußtem Verzicht auf eine absolut stabile Osteosynthese kam er zu guten Ergebnissen.

MARLINGHAUS (215) verfuhr 1952 bei derselben Frakturart nach einer ähnlichen Methode, indem er von der Beuge- und der Außenseite der Oberarmmitte percutan je einen Markdraht in den Humeruskopf vorschlug, wobei die Drähte, ähnlich den RUSH-Pins, durch Verspannung an der gegenüberliegenden Corticalis eine zusätzliche fixierende Wirkung bekamen.

Die gedeckte Vollfüllung des Markraumes mit bis zu drei Drähten als primäre Osteosynthese bei frischen offenen Unterschenkel-schaftfrakturen haben 1955 ZRUBECKY und KRICKL (341) angegeben.

Bei Tibiafrakturen und auch bei Humerusfrakturen habe er seit 1950 die Markhöhle mit bis zu 16 Drähten aufgefüllt, veröffentlichte 1957 WHEELER (326). Dabei habe er die KIRSCHNER-Drähte von beiden Seiten des Tibiakopfes von mehreren Löchern aus eingetrieben und die herausragenden Enden dann umgebogen. Die Immobilisierung der Frakturen gelang so gut, daß weder seitliche noch Drehbewegungen auftraten und ein Gipsverband sich erübrigte.

2152 Pinself Nagelung (KÜNTSCHER)

Zur Behandlung von gelenknahen Brüchen verwendet KÜNTSCHER (165, 171) seit 1955 gelegentlich ein Verfahren, das er als Pinself-nagelung bezeichnete.

Anstelle eines einzelnen Marknagels führt er am Arm 5-6 KIRSCHNER-Drähte und an der unteren Extremität etwas dickere Metallstäbe in die Markhöhle von den typischen Nageleinschlagstellen aus ein. Die vorgeschränkten Drahtspitzen bleiben innerhalb des Compactarohres eng beieinander, gehen aber beim Erreichen des spongiösen Teils pinselförmig auseinander und können durch planmäßige Verteilung in der Spongiosa der Epiphyse diese relativ stabil an das größere Frakturfragment fixieren (Abb.14).

Nach KÜNTSCHER soll die Vereinigung eine so stabile Osteosynthe-

se ermöglichen, daß keine zusätzliche äußere Schienung mehr erforderlich ist.

Gute Erfolge wurden vom Autor bei der diacondylären Fraktur des Ellenbogens, beim Bruch des Radiusköpfchens und bei supracondylären Humerus- und Femurfrakturen erzielt.

Die Bezeichnung „Nagelung“ hält KÜNTSCHER (173) bei dieser Art der Frakturvereinigung für berechtigt, da die in den spongiösen Knochenteil eingetriebenen Drahtenden durch elastische Kräfte der federnd zurückgebogenen Knochenbälkchen eine elastische Verklemmung erfahren, ähnlich wie ein Zimmermannsnagel in elastischem Holz.

Von HACKETHAL (97) wurde das Erreichen einer stabilen Osteosynthese mit der Pinselnagelung bezweifelt; bestenfalls sei sie mit einer instabilen „Bündel-Bolzung“ zu vergleichen.

Auch NABAVI (235) glaubt, daß sich das Verfahren wegen der ausgesprochenen Unstabilität nicht bewährt hat.

Andere Chirurgen scheinen die Pinselnagelung nicht angewendet zu haben.

2153 Original - Bündelnagelung nach HACKETHAL

Auf der Suche nach möglichen Verbesserungen der üblichen Marknagelungsmethoden entwickelte HACKETHAL ein eigenes Verfahren, das die Vorteile des RUSH-Prinzips der längselastischen Verklemmung mit der Querelastizität des KÜNTSCHER-Nagels verbinden soll.

Die Markkraumschienung erfolgt durch ein Bündel dünner elastischer KIRSCHNER-Drähte (Abb.15). Über den ersten mit der Bündelnagelung behandelten Fall berichtete HACKETHAL 1959 auf der Tagung Bayerischer Chirurgen. Die neue Methode sollte eine Ergänzung der KÜNTSCHER-Nagelung darstellen, insbesondere in den Fällen, wo sich wegen der starken Verengung der Markhöhle im Diaphysenbereich eine stabile Osteosynthese mit einem starren Marknagel nur schwer erreichen läßt. Die Bündelnagelung ist also im Gegensatz zur Pinselnagelung auch speziell zur Behandlung von Schaftbrüchen gedacht.



Abb.14
Pinseknagelung nach
KÜNTSCHER

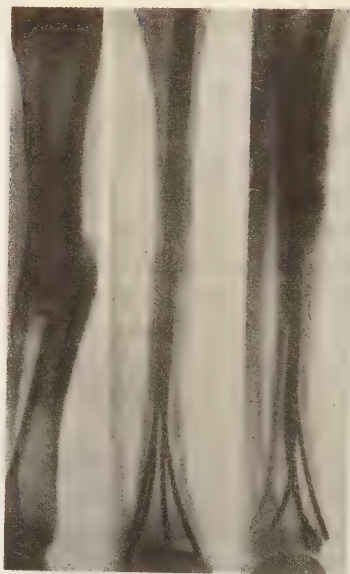


Abb.15
Bündel-Nagelung nach
HACKETHAL

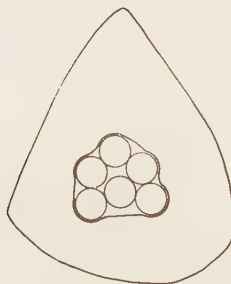
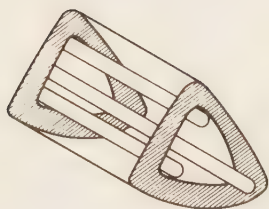


Abb.16
Eckenschienung und Furchungseffekt bei
der Bündel-Nagelung

Die Stabilität der Fixation soll gewährleistet werden durch die Kombination der Vielpunkteverklebung bei der möglichst festen Auffüllung des Compactarohres mit einer multiplen Spongiosanagelung. Dabei geht HACKETHAL (97) im Gegensatz zu KÜNTSCHER (173) davon aus, daß das Compactarohr als querelastisch und nicht als starr anzusehen ist.

Eckenschienung, Furchungseffekt (Abb.16) und Spreizeffekt des Bündels verbessern die Drehstabilisierung, die andererseits durch die Verwringungsmöglichkeit in aufgelockerten Bündelabschnitten vermindert wird.

Die Verwendung nur der geschlossenen Methode hat HACKETHAL gezwungen, eine eigene Repositionstechnik zu entwickeln, um Weichteilschädigungen zu vermeiden; als Zusatzgerät zum Extensionstisch konstruierte er den „Viermastkran“ als Repositionshilfe.

Ein weiteres Prinzip der Bündelnagelung besteht in der Schaffung einer formgerechten Stellung der Fraktur, da mit dem KÜNTSCHER-Nagel oft nicht die natürliche Gestalt des Knochens mit seinen physiologischen vorhandenen Krümmungen wiederhergestellt werden konnte.

Anfangs verwendete HACKETHAL nur gerade und nicht vorgeschrankte Nägel, später kam er aber durch Vorschränkung der Nagelspitzen zu einer besseren und gezielteren Verankerung.

Die Hauptindikation erstreckt sich auf den Bereich der Schaftmitte und die der Einschlagstelle entgegengesetzten Schaftanteile.

Als Vorteile gegenüber anderen Markraumschienungsverfahren nennt HACKETHAL (93) u.a. die zuverlässigere Stabilisierung auch im konvergierenden und divergierenden Trichter, eine zuverlässigere Formwiederherstellung, eine Verminderung der Gefahr der Fettembolie und der Knochensprengung, die Vermeidung des Auseinandertreibens der Fragmente oder Festlaufen eines zu dicken Nagels und die Unnötigkeit der Markhöhlenaufbohrung und von Meßaufnahmen. Daß die Verlängerung des Nagelungsaktes und die Gefahr der Metallose wegen vermehrter Korrosionsmöglichkeit unter Umständen als Nachteile zu betrachten sind, wird

von HACKETHAL (93,97) nicht verschwiegen.

1961 verfügte HACKETHAL über Erfahrungen von mehr als 100 Bündelnagelungen von Schaftfrakturen (92,93).

In einer Bewertung begrüßte KÜNTSCHER (173) besonders die kompromißlose Anwendung nur der geschlossenen Nagelung durch HACKETHAL, bezweifelte aber die Eigenfestigkeit der inneren Schiene und befürchtete wegen der unsicheren Verklebung zwischen Nagel und Knochen eine Verdrehung der Bruchstücke gegeneinander.

Durch Berechnungen und Stabilitätsversuche gelangten MAURATH, CHRIST und KÖBLER (221) zu dem Ergebnis, daß bei Schaftfrakturen mit der Bündel-Nagelung die Brüche ohne Hilfe äußerer Kräfte im Idealfall gut fixiert werden können; dagegen kann Momenten, die Verschiebung, Verdrehung oder Abknickung hervorrufen, nur unwesentlicher oder gar kein Widerstand entgegengesetzt werden. MAURATH, CHRIST und KÖBLER (222) glauben damit bewiesen zu haben, daß mit der Bündel-Nagelung ebenso wie mit dem RUSH-Pin eine stabile Osteosynthese nicht möglich ist. Statistiken oder größere Erfahrungsberichte anderer Autoren liegen über die Bündel-Nagelung nach HACKETHAL bisher noch nicht vor. HACKETHAL selbst publizierte mehrfach (95,96) über eine percutane multiple Markraumauffüllung mit KIRSCHNER-Drähten bei Kindern und empfahl bei gegebener Indikation dafür auch die Bündel-Nagelung. Insgesamt hatte er bis 1963 (97) 270 Bündel-Nagelungen ausgeführt.

2154 Modifizierte Methode nach WAGENFELD

WAGENFELD (318) glaubt, seit 1948 ein Verfahren der inneren Knochenschienung anzuwenden, das eine gewisse vereinfachte Methode der Bündel-Nagelung nach HACKETHAL darstellt.

Er verwendet dabei dickste handelsübliche KIRSCHNER-Drähte, deren Spitzen ebenfalls wie bei den Bündel-Nägeln teilweise leicht angebogen sind, füllt damit die Markhöhle auch völlig auf und treibt das ganze Bündel in die Spongiosa der Epiphyse ein.

Im Gegensatz zu HACKETHAL kann er dabei jedoch auf ein besonderes Einschlaggerät verzichten, da er die angeschränkten Drähte nicht extra und bewußt beim Eintritt in den spongiösen Knochenanteil in bestimmte Richtungen lenkt. Außerdem benutzt er grundsätzlich einen kleinen Gipsverband.

Bis 1963 konnte WAGENFELD 85 dieser Nagelungen an Ober- und Unterarm, Unterschenkel und kindlichen Oberschenkel ohne jeglichen Mißerfolg durchführen.

216 Marknagelung nach KÜNTSCHER

Als KÜNTSCHER 1940 auf dem 64. Chirurgenkongreß in Berlin die Öffentlichkeit mit seiner neuen Art der operativen Knochenbehandlung bekanntmachte, war es nicht die übereilte Veröffentlichung einer neuen Erfindung, sondern der jahrelangen Untersuchungen Abschluß, die Erkenntnisse über den Kraftfluß im Knochen und über die Callusbildung und Bruchheilung geben sollten (170). Auch die ersten 12 erfolgreichen Marknagelungen des Oberschenkels und der Tibia lagen bereits vor. Sie waren das Ergebnis der Überlegungen KÜNTSCHERs, daß die die Verschiebungen im Bruchbereich bewirkenden Muskel-, Schwerkraft und sonstige Faktoren wegen ihrer gewaltigen physikalischen Größe nur durch Stahlschienen ausgeschaltet werden können, deren notwendige Dimensionen aber nur bei Unterbringung im Markraum technisch zu erreichen waren.

Nach einer Reihe gut verlaufener Tierversuche (149) wagte KÜNTSCHER im Oktober 1939 mit einem überlangen Dreilamellen-nagel nach S. JOHANSSON die erste Marknagelung eines Oberschenkelbruches beim Menschen. Er berichtete darüber im Dezember 1939 in der Medizinischen Gesellschaft Kiel.

Eine wirklich feste Vereinigung beider Bruchfragmente, insbesondere gegen Verdrehung konnte KÜNTSCHER anfangs noch nicht erreichen (174). Erst durch die Entwicklung des Prinzips der elastischen Verklebung konnten diese Schwierigkeiten beseitigt werden, indem eine unverrückbare Vereinigung durch elastische Dehnung des Knochenrohres und Zusammenpressen des elastischen

Querschnittsprofils des Nagels beim Einschlagen erzwungen wird. Dadurch kann gleichzeitig auch eine Zeit lang die Knochenresorption durch Ausdehnung des zusammengedrückten Nagels kompensiert werden.

Als Form des Marknagels ergab sich ein zweischenkliges V - förmiger Querschnitt, aus dem durch Biegung der Schenkel nach innen bei größeren Durchmessern zur besseren Führung des dicken Führungsspießes die Kleeblattform entstand (174). Die Längsrinnen lassen den Austritt von Mark beim Eintreiben und den Ablauf von Sekreten im Falle der Infektion zu. Diese Möglichkeit wird noch durch den Längsschlitz verbessert, der dem Nagel andererseits erst die Quer- und Längselastizität verleiht. Ein Öhr am Kopf des Nagels ist zum Einsetzen des Ausschlaghakens bestimmt. Wichtig ist eine keilförmige Spitze, da durch sie das elastische Zusammenpressen des Nagelquerschnitts erfolgen muß und bei unbeabsichtigtem Austreten aus dem Knochen die Weichteile nicht verletzt werden sollen. Der so gebaute KÜNTSCHER-Nagel (Abb.13) ermöglicht die Herstellung einer „stabilen Osteosynthese“.

KÜNTSCHER hatte 1940 die theoretischen Probleme gelöst und die erste Serie praktischer Anwendung der Fachwelt zur Begutachtung vorgelegt. Die weitere Entwicklung der Marknagelung bedeutete die Klärung der Vorbehalte, Beseitigung der Gefahren und Fehlerquellen, Vervollkommnung der Technik und Herausbildung einer annähernd einheitlichen Indikationsauffassung. Die deutschen Chirurgen reagierten, bedingt durch die relativ schlechten Erfahrungen mit den bisherigen Osteosynthesemethoden, mit Skepsis und Ablehnung auf das KÜNTSCHERsche Verfahren, lediglich FISCHER (63) erkannte sofort die volle Bedeutung.

Doch bald versuchten sich fast alle Unfallchirurgen mit der Marknagelung, besonders nachdem BÖHLER sich davon begeistert zeigte, und es wurde alles genagelt, was nur halbwegs dafür geeignet erschien. Wenige nur beachteten die warnenden Stimmen von BAUER (9) und RAISCH (253). Mit zunehmender Erfahrung und veranlaßt durch die gründliche Auswertung vieler Mißer-

folge z.B. durch BÖHLER (25) und HÄBLER (101) trat anfangs der 50-er Jahre eine gewisse Stagnation und Einschränkung der Indikation ein, die erst in den letzten Jahren nach Beseitigung weiterer Fehlerursachen wieder etwas erweitert wurde.

Ein entscheidender Faktor für die Entwicklung der Marknagelung ist der Verlauf des II. Weltkrieges. Wurde doch einmal durch die neue Möglichkeit einer enorm verkürzten Krankenhausbehandlungsdauer, durch den Mangel an Fachpersonal und Krankbetten und den großen Anfall kriegsbedingter Knochenverletzungen die Verbreitung der Methode in Deutschland sehr beschleunigt, andererseits die technische Weiterentwicklung durch Materialschwierigkeiten und Kriegseinsatz der Chirurgen und Techniker recht gehemmt. Schlechte Materialqualität brachte in vielen Fällen durch Nagelbruch, Korrosion und Nagelverbiegung das ganze Verfahren in Mißkredit. Auch das Ausland wurde mangels deutscher Fachliteratur erst durch mit Marknagelung behandelte Kriegsgefangene darüber informiert.

In den anglo-amerikanischen Ländern hat man, nach WATSON-JONES (322) zu urteilen, ganz besonderes Augenmerk auf die Gefahren und deren Ausschaltung gerichtet. So ist es auch zu verstehen, daß dort bis heute praktisch nur die offene Nagelung angewandt wird, lassen sich dadurch doch Fettembolien, Knochensplitterungen, Nerven- und Arterienverletzungen, Repositionsschwierigkeiten und Strahlenschäden für Arzt und Patienten weitgehend vermeiden.

Überall die gefürchtetste spezielle Komplikation der Marknagelung ist die tödliche Fettembolie, die u.a. 1942 von FISCHER und MAATZ (64), 1943 von STÖR (296), 1944 von L.BÖHLER (25) und 1950 von HÄBLER (101), PELTIER (248) und SENFF (289) beobachtet wurde, heute aber dank sorgfältigerer Technik seltener geworden ist.

Als weitere Schwierigkeit mußte das Problem der überaus exakt notwendigen Reposition bewältigt werden; zahlreiche Repositionsgeräte wurden deshalb entwickelt, z.B. 1942 von MAATZ (203), 1943 von L.BÖHLER (23), HERZOG (120), LINSMAYER (197) und WITTMOSER (331), 1944 von HÄBLER (100), 1949 von KÜNTSCHER

(156) und 1950 von KRÖMER (148). Auch die moderne Anästhesie mit der Anwendung der Muskelrelaxantien bedeutete für das Repositions-Manöver eine Erleichterung.

Die weitere Entwicklung der Marknagelung nach KÜNTSCHER soll nun an Hand einiger wichtiger Daten in chronologischer Reihenfolge dargestellt werden:

1940 verwendete KÜNTSCHER (150) nun neben der Einführung durch den freigelegten Trochanter auch die percutane und die retrograde Methode mit Eröffnung der Bruchstelle. Er nagelte erstmals Osteotomien, eine Spontanfraktur und einen Knochen mit inoperablem Tumor.

Außerdem konstruierte er (149,153) einen biegsam-starren Nagel für Fälle abnormer Krümmung des Femur und für Tibia, Humerus, Ulna und Clavicula. Dieser Nagel war aus mehreren Längslamellen aufgebaut, die an der Nagelspitze miteinander verbunden waren, sie wurden erst nach dem Einführen durch das Andrehen einer Schraube am Kopf fest. Eine andere Modifikation dieses Types bestand aus einer Drahtspirale, die durch Anziehen einer Drahtseele mittels der Schraube am Nagelkopf außerordentlich starr wurde. Die Erprobung und weitere Verbreitung dieser Nägel scheiterte an Materialbeschaffungsschwierigkeiten.

HAASE (90) nahm erstmals einen starren Oberschenkelnagel zur Schienung einer Humerusfraktur, wozu bisher dünne und biegsame V - Nägel Verwendung fanden.

SCHUMANN (286) führte bei einem Tabiker eine Oberschenkelmarknagelung aus, die entgegen den damaligen Ressentiments ideal knöchern heilte.

1941 wagte EHRLICH (59) zum ersten Mal die Nagelung von komplizierten Brüchen und eines schwer eiternden Oberschenkelbruches.

KÜNTSCHER (151) gelang eine Kniearthrodese mit einem überlangen (65 cm) Nagel, den er durch den ganzen Femur und weit bis in die Tibiamarkhöhle einschlug, und den er später auch zur Behandlung kniegelenkennaher Trümmerbrüche alter Leute empfahl.

Weiterhin gab er seine genaue Technik der Unterschenkel- und Oberarm-Nagelung bekannt (152).

1943 behandelte HEIM (109) als erster Schußbrüche mit der Marknagelung.

L.BÖHLER (22) empfahl ebenfalls, frische Schußbrüche zu nageln; er hielt die Marknagelung für den größten Fortschritt in der Behandlung der Brüche der langen Röhrenknochen.

MAATZ (204) veröffentlichte für den inzwischen einberufenen KÜNTSCHER die Technik der Unterarm-Marknagelung. Er gab weiterhin einige wichtige neue Nagelformen an, um durch bessere Formschlüssigkeit, als es der einfache Doppelnagel zuließ, die Zahl der erfolgreichen stabilen Osteosynthesen zu erhöhen (205). Neben dem Spreiznagel (Abb.18) stellte er für den Oberarm einen Keilnagel, für die Ulna und die subtrochantere Fraktur den konischen Nagel und für Fälle mit möglichem Markkallus den Nagel mit Sägezähnen vor.

1944 nagelten HÄBLER (99) und ZELL (332) Schußbrüche mit schwerer Infektion.

L.BÖHLER erließ wegen der aufgetretenen Schädigungen an seiner Klinik ein Verbot der Nagelung der offenen Brüche des Schienbeins und des Vorderarmes (25).

GÜNTZ (87) machte den Vorschlag, den Marknagel bei der HENLE'schen Operation der ischämischen Kontraktur des Unterarmes zu verwenden, die damit erst zu einer sicheren Methode wurde.

1945 schränkte L.BÖHLER (25) die Indikation der Marknagelung ein bis auf Femurschaftfrakturen.

1948 ersetzte KÜNTSCHER (171) den V2A-Stahl durch V4A-Stahl als Nagelmaterial, wodurch Gewebsschädigungen auf ein Minimum reduziert werden konnten.

1950 begann KÜNTSCHER (171) mit dem Aufweiten der Markhöhle in ganzer Länge mittels einfacher Bohrer; nunmehr konnten genügend dicke und stabile Marknägel eine präzise Osteosynthese gewährleisten.

- HERZOG (121) entwickelte eine neue Technik zur stabilen und einfacheren Nagelung der Tibia, indem er einen starren Oberschenkelnagel verwendete, den er an dessen übertragenden Ende etwas abgebogen hatte (Abb.21). Er gab
- 1951 den starren Nagel auch für die Behandlung der Humerusfraktur an, einzuführen von der Fossa olecrani aus (123).
- 1952 publizierte KÜNTSCHER (157) die ersten 4 Fälle gut gelungener Marknagelungen der Claviculapseudarthrose.
- 1953 verwendete KÜNTSCHER (160) inzwischen auch den von HERZOG angegebenen starren Nagel für die Tibianagelung, den er mit einer zusätzlichen Krempe ausstattete und den frontalen Durchmesser 1 mm größer wählte als den sagittalen, da er so besser der Form der Tibia-Markhöhle entspricht. Außerdem wies er (158) auf die Gefahr des Auseinanderweichens der Knochenstücke bei der Nagelung der Pseudarthrosen der oberen Extremität hin; zur Vermeidung dieser Komplikation beschrieb er einen Spezialnagel, dessen beide Enden aus dem Knochenrohr herausgeführt und umgebogen werden. Auch ein Kontensionsnagel kann dazu verwendet werden, der aus zwei Einzelnägeln besteht, die von einer verschiedenen Einführungsstelle aus vor- und ineinandergeschoben und dann arretiert werden (161,171).
- 1954 machte KÜNTSCHER (162) den Vorschlag, wenn bei der supracondylären Femurfraktur die Eröffnung der Bruchstelle sowieso notwendig ist, die stabile Nagelung dadurch zu erreichen, daß ein Stück Knochenrohr in die Markhöhle des distalen Fragmentes fest eingepaßt wird. Dessen Lumen kann dann, bei gleicher Weite wie das proximale Bruchstück, dem Marknagel einen festen Sitz verleihen und so die Inkongruenz der Markhöhlendurchmesser ausgleichen. Auch gelang es ihm, das Verfahren des Aufweitens des Markraumes durch Anwendung des geführten Bohrers weiter zu vervollkommen (171).
- DIETHELM (54) führte den Röntgen-Bildverstärker in die Knochenchirurgie ein.
- 1957 erschloß KÜNTSCHER (167) die gelenknahen (supra- und

transcondylären) Frakturen des Humerus und Femur seinem Verfahren der Marknagelung, indem er ähnlich der RUSH-Pin-Technik von beiden Condylen aus je einen dünnen V-Nagel auf die Markhöhle zu einschlägt. Er löste

- 1958 seiner Meinung nach mit dem Distraktor endgültig das Problem der Reposition (168). Der Distraktor dient der Beseitigung der Verkürzung schon einige Tage vor der Operation und trennt somit die Reposition von der Nagelung.
- 1962 gelang KÜNTSCHER (172) die geschlossene Osteotomie und Marknagelung der langen Röhrenknochen, so daß die Infektionsgefahr weiter in den Hintergrund rückte. Bis
- 1963 wurden von der Firma E. POHL allein schon 300 000 Mark-nägel verkauft.
- 1964 veröffentlichte KÜNTSCHER (175) die ersten Beispiele der von ihm mit dem intramedullären Osteotom ausgeführten geschlossenen Verkürzungsosteotomien.

217 Marknagelung mit modifizierter Technik und anderen Nagelformen

2171 Spreiznägeln

Bereits 1940 hatte KÜNTSCHER (171) in Tierversuchen einen Spreiznagel ausprobiert, der einen durch eine Schraube beweglichen Keil besaß, war allerdings mit den Erfolgen nicht sehr zufrieden.

Die unbefriedigenden Ergebnisse bei der Nagelung mit normalen KÜNTSCHER-Nägeln oder einfachen Doppelnägeln bei gelenknahen Frakturen beruhen überwiegend auf der mangelhaften Verklebung der Nägel in der starken Erweiterung der Markhöhle.

MAATZ (205) entwickelte deshalb 1943 Spreiznägeln (Abb.18), die die Formschlüssigkeit verbessern sollen. Der Drehspreiznagel (Abb.17) besteht aus einem V-förmigen Außennagel und einem Innennagel, der massiv, querschnittsoval, elastisch und im Längsprofil S-förmig gebogen ist. Zuerst wird der Innennagel derart eingeführt, daß seine konkave Seite nach vorn zeigt,

dann wird er um 180° gedreht und der äußere Nagel eingeschlagen. Dieser Drehspreiznagel konnte sich jedoch in der Praxis nicht bewähren, da er an keiner Stelle wirklich fest im Knochenrohr verklemmt war und auch selbst nur eine sehr geringe Eigenstabilität besaß.

Dagegen wird der Spreiznagel mit schiefer Ebene noch heute an einigen Krankenanstalten mit gutem Erfolg angewandt. Bei diesem handelt es sich um einen Unterschenkeldoppelnagel, dessen Nagelspitzen durch einen am Außennagel angebrachten Keil auseinandergetrieben werden (Abb.20). Ausschlaggebend für die Wirkung und eine stabile Osteosynthese ist der Sitz der schiefen Ebene, die unbedingt in der richtigen Höhe angebracht sein muß. Als Indikationen kommen beim Humerus, Femur und Tibia Frakturen jenseits der engsten Markhöhlenstelle in Frage (155).

Nach M.LANGE (186) wird jedoch an verschiedenen großen europäischen Kliniken die Unterschenkelnagelung mit dem Spreiznagel nicht durchgeführt, in der Klinik von BÜRKLE DE LA CAMP sei sie sogar verboten. Die Nagelentfernung ist wohl häufig mit Schwierigkeiten verbunden, auch noch nachdem MAATZ (210) seit 1949 den Außennagel mit einer Krempe versehen ließ.

Die geschlossene Nagelung der supracondylären Femurfraktur ist auch mit dem Spreiznagel von DE CAMARGO (39) möglich, der 1952 angegeben wurde.

Über einige Fälle von mit einem kurzen Spreiznagel behandelten Oberarmkopffrakturen und Luxationsfrakturen berichtete 1955 BÜHLER (33). Die Spreizung des Nagels soll nicht durch Abbiegung des Innennagels, sondern durch eine vorher zu bestimmende Krümmung der einzelnen Nägel erfolgen. Eine stabile Osteosynthese konnte immer erzielt werden, wenn der Oberarmkopf nicht in zu kleine Fragmente zersplittert war.

1954 entwickelte PAVLIK (244) einen Spreiznagel (Abb.19) besonders für die konische Verkürzungsosteotomie des Femurs. Der äußere Teil dieses Nagels ist ein Rohrnagel, dessen oberes Ende einen verbreiterten, mit länglichen Rillen versehenen Kopf bildet, dessen innere Fläche ein Schraubengewinde trägt. Unten endet der Nagel in zwei beweglichen Backen mit geriffelten



Abb.17
Drehspreiznagel



Abb.18
Spreiznagel nach
MAATZ



Abb.19
Spreiznagel nach
PAVLIK

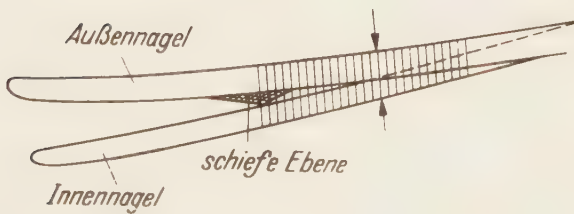


Abb.20
Spreiznagel mit schiefer Ebene

Außenseiten. Der Zentralnagel wirkt als Spreizdorn und ist ein massiver Stab mit viereckigem Kopf, am Hals ist ein Gewinde eingeschnitten, und die Spitze ist konisch gestaltet. Die Stabilität der Osteosynthese soll dadurch gewährleistet werden, daß einmal der außen senkrecht gerillte Kopf eine Rotation verhindert und zum anderen die beim Einschrauben des Innennagels auseinandergehenden Backen in der Femurmarkhöhle fest angepreßt werden. 1964 publizierten PAVLIK und JURAS (245) 38 derartig genagelte Osteotomien bei einer maximalen Verkürzung um 9 cm.

Zur Behandlung der medialen Knöchelpseudarthrose wurde von KÜNTSCHER (171) ein Blattfeder-Spreiznagel angegeben, der sich nach dem Einschlagen spreizt.

2172 Rohrschlitznägel (HERZOG)

Wegen der möglichen Verklemmung des Leitspießes an der offenen Längsseite des kleeblattförmigen starren Tibia-Nagels mit sog. HERZOG-Krümmung (Abb.21) und des geringen Platzes im Inneren dieses Nagels für den gekrümmten Dorn, sah sich HERZOG (126) 1955 dazu veranlaßt, diesen Nagel weiterzuentwickeln. Das Ergebnis waren zwei neue Nagelarten (Abb.22), die eine Vorrichtung besitzen, die eine unerwünschte Torsion des peripheren Bruchstückes verhindert.

Der Rohrschlitznagel mit Ausklink-Drähten ist ein Rohrnagel mit Längsschlitz. Zur Verriegelung gegen Verdrehungen können 2 bis 4 Ausklinkdrähte, die am vorderen Ende abgebogen sind, vom Ohrtragenden Nagelende aus durch die Schlitzte vorgeschoben und bis in die Compacta vorgetrieben werden. Der Dorn muß nicht wie bei den KÜNTSCHER-Nägeln starr, sondern kann federnd und biegsam sein und deshalb nicht nur die Auffädelerleichtern, sondern auch den Nagel so verformen, daß dieser nicht die Hinterwand durchbricht. Dieser Nageltyp ist nach HERZOG (127,129) besonders für Frakturen und Pseudarthrosen der Tibia und für Brüche des unteren Femurdrittels geeignet.

Der Wellen- oder Flechnagel besteht ebenfalls aus einem Rohr,

durch dessen kleinere Seitenschlitze aber mehrere Drähte geflochten sind, die einen stark rotationshemmenden Querschnitt der Nageloberfläche bewirken; er ist speziell für Frakturen der oberen zwei Drittel des Oberschenkels gedacht. HERZOG (126) berichtet über eine große Zuverlässigkeit seiner Nageltypen und erhofft sich davon eine weitere Vergrößerung der Indikationsbreite der Marknagelung.

M.LANGE (186) glaubt, daß dieses Verfahren für die Allgemeinheit nicht geeignet ist, HACKETHAL (93) sieht die gleichen Störungsmöglichkeiten bei größerer Kompliziertheit wie bei der KÜNTSCHER-Nagelung. KÜNTSCHER (174) selbst bemängelt die fehlende Querelastizität des Rohres und NABAVI (235) zweifelt an einer größeren Verbreitung.

Dagegen konnte SALEM (276) über drei eigene erfolgreiche Nagelungen berichten, auch SCHNEIDER (281) und WILLENEGGER (329) befürworteten die HERZOG-Nagelung, vor allem bei Unterschenkelbrüchen im distalen Abschnitt. J.BÖHLER (21) empfiehlt ebenfalls den Rohrschlitznagel; er beschrieb auch eine Modifikation mit vierkantigen Ausklinkdrähten nach AICHNER.

2173 AO - Nägel

Für die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese der Schweiz konstruierte 1960 MÜLLER (229) einen den HERZOG-Nägeln ähnlichen Marknagel, der verwindungsstabiler als der Kleeblattnagel KÜNTSCHERS und elastischer als der Rohrschlitznagel HERZOGS sein, aber auch das Ausklinken von zwei distalen Drähten ermöglichen soll; die HERZOG-Krümmung wurde beibehalten. Der Nagel stellt ein federndes und elastisches geschlitztes Rohr dar, dessen proximales Ende zur Schaffung größerer Stabilität einige Zentimeter röhrenförmig geschlossen ist; zur Vermeidung einer Verdrehung im proximalen Bruchstück kann durch die doppelte Öse eine Schraube gebohrt werden. Das distale Ende ist fast verschlossen, leicht abgebogen und hat zwei Öffnungen für die Ausklinkdrähte. Im Querschnitt ist der Nagel herzförmig. Diese Bauart dient zur Tibianagelung.

Ein gesonderter AO - Femurnagel ist der physiologischen ventralen Femurkrümmung entsprechend etwas gebogen und besitzt an der Spitze keine Ausklinkfensterchen.

Die Anzeigestellung wurde zurückhaltend angegeben, wohl in Hinblick auf die anderen operativen AO - Verfahren (231); hauptsächlich kommen kurze schräge oder Spiralfrakturen und Pseudarthrosen im mittleren Femur- und Tibiadrittel in Frage, evtl. auch im distalen Tibiadrittel in Kombination mit den Ausklinkdrähten.

SCHNEIDER (281) berichtete von besten Ergebnissen in 246 Fällen an 12 Schweizer Spitälern, auch TSCHERNE (309) und TSCHERNE, MAGERL und FEISCHL (310) hatten bei ca. 100 Nagelungen gute Erfolge.

2174 Massive Rundnägels

In der Sowjetunion und den Sozialistischen Volksrepubliken ist hauptsächlich der 1948 von DUBROW (55) konzipierte solide Rundnagel in Gebrauch, dessen flacher Kopf etwas verbreitert ist. Er bietet nach BOLTEW (28) den Vorteil der leichteren Herstellung und soll sich auch besser den Knochenverhältnissen anpassen, als der KÜNTSCHER-Nagel. Daß dieser Nagel sich klinisch ebenso gut wie der KÜNTSCHER-Nagel bewährt, berichtet HARNACH (106). Auf mögliche Komplikationen mit dem Rundnagel wies PAVLIK (244) hin, denn Rotation des distalen Fragmentes, Nagelwanderung und Distraktion könnten nicht sicher verhindert werden. Dieser Nagel wird vor allem für Femurfrakturen verwendet.

Auch in Frankreich beschrieb 1945 ROCHER (263) einen soliden Nagel.

PELTIER (248) konnte durch Versuche nachweisen, daß bei massiven Nägeln die Möglichkeit der Auslösung einer Fettembolie am größten ist, da ein sehr großer Druck im Markraum beim Einschlagen entsteht, und die Volumenverdrängung entsprechend umfangreich ist.

2175 Nagel mit Rhombus-Profil (HANSEN/STREET)

Gleichfalls ein massiver Nagel ist der 1945 von HANSEN entwickelte und von HANSEN, STREET und BREWER (105) beschriebene Marknagel mit rhombusförmigen Querschnitt (Abb.23). Über 100 damit versorgte Femurfrakturen, meist nach der offenen Methode operiert, publizierte STREET (299), dabei waren die meisten Brüche im mittleren Drittel lokalisiert. An Komplikationen kamen Verbiegungen, Nagelwanderungen und eine Fettembolie vor, letztere Gefahr hatte schon PELTIER (248) 1950 bei Versuchen mit einem Rhombusnagel erkannt.

Der Vorteil des Nagels soll nach STREET in seiner Form und den damit vorhandenen zwei verschiedenen Durchmessern begründet sein. Wenn der meistverwendete 11 mm - Nagel nicht mit quer verlaufendem (größeren) Durchmesser eingeführt werden kann, so gelingt das leicht, wenn er in sagittale Richtung gedreht wird.

SAAL (in 322) bemängelte, daß sich dieser Nagel nicht so gut wie ein kleeblattförmiger den Unebenheiten der Markhöhlenwand anpassen kann.

2176 Nagel mit Dreieck-Profil (SAGE)

Da mit starren Nägeln bei Frakturen des Radius kaum dessen physiologisch gekrümmte Form fixiert werden konnte, schuf 1959 SAGE (274) einen dafür geeigneten Nagel. Nach dem Studium von 120 Leichen-Unterarmknochen kam er zu dem Ergebnis, daß wegen des ovalen Markraumquerschnitts ein runder Nagel nicht in Frage kommt, dagegen ein rechteckiger oder rhombusförmiger der Kontur des Markkanals gut entsprechen würde. Eine Produktion dieser Formen war in kleinen Durchmessern technisch nicht möglich, so daß sich SAGE zu dem dreieckigen Querschnitt entschloß.

Die Nägel sind ca. 5 mm dick, an der Spitze abgerundet und am Kopf mit einem Gewinde versehen. Um die physiologische Knochenform wiederherzustellen, ist die Spitze um 15° abgebogen, der Nagel in der Mitte um 170° gekrümmt und hat nahe am Kopf einen

gegensätzlichen Winkel von 175° .

Für die Ulnanagelung findet ein ebenfalls dreieckförmiger, aber gerader Nagel Verwendung, der an beiden Enden ein Gewinde trägt und retrograd eingeführt werden soll.

Beide Nageltypen werden in Längen von 8 - 11 inches hergestellt. Als Indikationen nannte SAGE alle Diaphysenfrakturen im mittleren Drittel des Unterarmes. Bei über 60 Patienten hatte er gute Erfolge, lediglich Pseudarthrosen traten in 6,2 % auf.

2177 Durchbohrter Dreilamellennagel (LOTES)

Ein weiterer in den USA häufig verwendeter Marknagel ist der 1951 von LOTES (199) entwickelte starke und mit einer zentralen Bohrung von ca. 3 mm versehene Dreilamellennagel. Er ähnelt in der Form dem Schenkelhalsnagel nach S.JOHANSSON, wobei seine Lamellen sehr scharf sind. Dadurch soll sich der Nagel leichter eintreiben lassen und eine Rotation und dislocatio ad peripheram sicher verhindern. Der Nagel ist gering biegsam, so daß Nagelbrüche oder Knochenaufsplitterungen nicht vorkommen sollen, auch ein Verklemmen ist kaum möglich. Zunächst verwendete LOTES seinen Nagel nur zur Behandlung von Oberschenkelschaftfrakturen und mit meist offener Reposition.

Später benutzte er (200,201) dann auch bei geschlossen eingerichteten Tibiafrakturen einen gekrümmten Nagel mit Dreilamellenprofil, wobei eine Lamelle nach vorn zur Tibiakante zu liegen kommt, und die beiden anderen schräg nach hinten gerichtet sind.

1954 berichtete LOTES (201), daß von 187 geschlossenen, 113 komplizierten und 16 älteren Frakturen oder Pseudarthrosen in nur 16 Fällen eine knöcherne Vereinigung nicht erzielt werden konnte.

Den Dreilamellennagel möchte er lieber als Bolzen bezeichnen, schrieb KÜNTSCHER (174) 1963, da er keinerlei Querelastizität besitzt, auch entfällt der Vorteil der Führung durch einen Spieß.



Abb.21
Tibia-Marknagel mit
„HERZOG-Krümmung“



Abb.22
Rohrschlitznägeln nach
HERZOG

HANSEN —
STREET



Abb.23
Rhombus-Marknagel nach
HANSEN-STREET



Abb.24
Ellenfeder

2178 Kompressionsnagel (KAESSMANN)

Ein neuartiges Prinzip der Marknagelung führte KAESSMANN (137) 1966 ein, indem er einen Nagel entwickelte, der zusätzlich zur Querelastizität einen in longitudinaler Richtung auf die Bruchflächen einwirkenden, einstellbaren Druck ausübt. Dadurch soll eine absolute mechanische Ruhigstellung im Frakturspalt und kürzestmögliche Bruchheilung erreicht werden.

Der Kompressionsnagel hat die äußere Gestalt eines kleeblattförmigen KÜNTSCHER-Nagels mit seitlichen Schlitzten am distalen Ende. Im Inneren des Nagels liegt ein Spanndorn, der im Bereich der Nagelspitze in einen Anker mit Querbohrung endet. Nach dem Einschlagen des Nagels wird unter Zuhilfenahme eines Zielgerätes eine Schraube von einer Knochenwand durch Nagelschlitzte und die Bohrung des Ankers hindurch in die andere Knochenwand eingedreht. Damit ist das distale Bruchstück mit dem Nagel fixiert. Dann wird ein Spannapparat auf das proximale Ende des Dornes bis gegen ein Widerlager aufgeschoben, durch dessen Betätigung der Spanndorn und mit ihm das distale Bruchstück proximalwärts gezogen werden; die Bruchflächen berühren sich und werden mit einem Druck von 30 - 60 kg aneinandergepreßt. Um diesen Druck zu konservieren, wird der Dorn mit einer Stellschraube am Widerlager arretiert.

An der oberen Extremität und bei gelenknahen Brüchen kommt der Anker außerhalb des Nagels vor seiner Spitze zur Anwendung. Vorteile erblickt KAESSMANN u.a. in der Möglichkeit, auch gelenknahe Frakturen stabil zu nageln, in der Rotationsstabilität des Systems, der ausgeschlossenen Nagelwanderung, sowie im weitgehenden Verzicht auf das Aufbohren der Markhöhle. Die erreichbare vollkommene Belastungsstabilität erspart zusätzliche stützende Verbände und läßt eine sehr niedrige Pseudarthrosenquote erwarten.

Daß bei Anwendung dieses Verfahrens keine technischen Schwierigkeiten mehr bestehen, konnte KAESSMANN bei 22 experimentellen Untersuchungen erkennen; über die ersten klinischen Fälle liegt noch kein Bericht vor.

2179 Sonstige Nageltypen

Im Laufe der Zeit wurden eine große Menge von Abänderungen und Modifikationen bekannter Marknägeln, aber auch eigenwillige Neuentwicklungen publiziert:

Eine Markspirale hatte 1943 RAISCH (253) entwickelt. Er wollte damit eine größere Schädigung des Knochenmarkes vermeiden und hatte gute Erfolge bei Tierexperimenten und in der klinischen Anwendung beim menschlichen Oberarmbruch.

SOEUR (293) gab 1946 U-förmige Marknägeln zur Oberschenkelnagelung an, seine Tibia-Nägeln waren an beiden Enden gekrümmt, den Humerus schiente er mit einem starren U-Nagel, und für Unterarmbrüche erwiesen sich gebogene U-Nägeln oder viereckige Stangen als geeignet.

BEYER (12) und MAATZ (210) verwendeten bei subcapitalen Humerusfrakturen den VOSS-Nagel, einen etwas gebogenen zweikantigen Lamellennagel.

Für dieselbe Frakturart änderte WITTE (330) einen SMITH - PETERSON-Schenkelhalsnagel ab. Die Lamellen erhielten nagelkopffern je 2 - 3 Einkerbungen, die nach seitlich abwechselnd umgebogen wurden, um so eine rückläufige Bewegung des Nagels blockieren zu können.

Zur Marknagelung fanden 1949 bei AUSTONI und TABANELLI (4) halbrinnenförmige Stahlnägeln mit beiderseits stumpfen Enden Verwendung, von denen 2 - 4 nacheinander in die Markhöhle eingeführt wurden, wo sie sich ineinanderlegten. Die Nägeln waren etwas elastisch und hatten an einem Ende eine Öse zum Herausziehen.

Einen Rundnagel schuf LEZIUS (196) zur Versorgung pertrochanterer Frakturen, dessen Krümmung dem Verlauf der Kraft- und Spannungslinien der Trochantergegend entsprach. Weitere Erfahrungen mit diesem Nagel sammelten MEINS (223) und REMÉ (259). Speziell für die Verlängerungsosteotomie erdachte HERZOG (124) 1951 den percutan gezielten verriegelten Marknagel, um die mögliche Wiederverkürzung nach der Osteotomie durch den Muskelzug zu verhindern. Der Nagel hat in der Scheitellinie eine Reihe von Bohrungen, in die mit einem Zielgerät Fernlenkungsdrähte

eingeführt werden können.

Einen Dauerverweilnagel konstruierte DELITALA (50) zur Pseudarthrosenbehandlung, der durch die eröffnete Pseudarthrose eingeführt wird. Der V-förmige Nagel ist an beiden Enden scharf angeschliffen, und im Nagelschaft befinden sich Löcher, in die ein Nachschlageisen paßt, und somit der Nagel im Markkanal bewegt werden kann. Eine spätere Entfernung war bei 20 Fällen nicht notwendig.

BOECKER (19) beschrieb eine atypische Marknagelung der subcapitalen Oberarmfraktur mit einem axial durch den Kopf eingetriebenen 15 - 18 cm langen Kopfnagel, der unterhalb des Kopfes aufgefiedert ist, um eine bessere Verankerung im Humeruskopf zu erreichen.

Doppelknochige Vorderarmfrakturen schiente PEREGALLI (249) mit flexiblen V2A-Stahlbändern, die auch eine schräge Einführung in den Markraum erlaubten.

VOSS und HARTMANN (317) veränderten für die Nagelung des Oberarmkopfbrechens einen Dreilamellennagel nach S. JOHANSSON derartig, daß der Teil des Nagels, der im proximalen Fragment zu liegen kommen soll, sehr breite Lamellen bekam, die sich nach distal zu konisch verschmälern und sich zu einem dünnen Hohlrohr vereinigen; insgesamt ist der Nagel ca. 10 cm lang. Von 1940 bis 1953 wurden 104 Fälle nach dieser Methode komplikationslos behandelt.

68 Fälle von geschlossenen Unterarmfrakturen nagelte bis 1958 KRISTANOV (147) mit einem aus 2 - 4 Spindeln aus nichtrostendem Stahl gedrehten schraubenförmigen Stift, dessen spiralige Form Nagelwanderung und Nagelbruch sicher verhüten soll.

Ebenfalls Vorderarmbrüche versorgte ILYENKOV (132) mit guten Resultaten, wenn er als Nägel Metallstifte von 14 - 24 cm Länge, 3,3 mm Breite und 2 mm Dicke benutzte.

SOFIELD und MILLAR (294) fädelten bei 52 Kindern, bei denen Deformitäten der langen Röhrenknochen beseitigt werden mußten, die Fragmente auf einer langen, geraden, runden Stahl-Stange auf.

Zur Tibia-Marknagelung gab 1962 HEIM (110) eine Methode an, die

die Stabilisierung des Nagels im proximalen Drittel und gegen Rotation verbessern soll. Dazu wird der Nagelkopf perforiert und eine Schraube von der Tuberositas aus durch den Marknagel hindurch bis in die hintere Corticalis eingebohrt.

Nach KÜNTSCHER (174) sind in den USA auch H- und T-Profile für Marknägel in Gebrauch. KÜNTSCHER (171) selbst empfahl einen Vierkantdraht mit rechteckigem Querschnitt ausnahmsweise bei Kleinkindern zu benutzen.

Die Ruhigstellung der Fragmente durch Zusammendrücken vom Markraum aus erreichte 1948 REHBEIN (257) durch Druckschrauben oder Spanndraht. Die Druckschraube wird schräg in die Markhöhle eingeführt, über den Bruchspalt hinweggeschoben und durch ein weiteres Bohrfenster wieder nach außen geführt. Dann werden zwei Druckstücke über die Schraubenenden geschoben und die Fragmente durch Anziehen der Druckschrauben fest aneinander gepreßt. Bei Osteotomien am Unterarm mußte ein KIRSCHNER-Draht verwendet werden, der an einem Ende eine Öse hat, die den quer durch den Knochen getriebenen Stahlstift aufnimmt. Ein übergeschobenes Metallstück am anderen Ende dient als Widerlager und fixiert den gespannten Draht.

DENECKE (51) gab als andere Form der intramedullären Kompression die Markkraumschraubung an. KÜNTSCHER (171) meint allerdings, daß die Druckwirkung durch die Knochenresorption dabei rasch verloren geht.

218 Feder - Osteosynthese (MAATZ)

Mit der Heilung einer fistelnden Oberarmpseudarthrose im Jahre 1944 mittels einer Markraumfeder wandte MAATZ (209,320) erstmals das Prinzip der longitudinalen Kompression der Knochenfragmente als eine Methode der medullären Fixation an. Die elastische Federkraft soll die Fragmente derjenigen Schaftknochen zusammendrücken, wo dies Muskelkräfte nicht in ausreichendem Maß vermögen, was besonders am Oberarm und der Elle zutrifft. So erkannte MAATZ (206) als häufigste Ursache der Ulnarpseudarthrose die distale Subluxation oder Luxation des Ellen-

köpfchens, was er als „Vorschub der Elle“ bezeichnete. Für die Federosteosynthese der Elle gibt es mehrere Möglichkeiten: Entweder kann man die Markraumfeder verwenden, eine Schraubenzugfeder, die im vorderen Abschnitt einen Widerhaken zum Fixieren in der Innenwandung des Knochens hat, von Hand gespannt und mit einem endständigen Haken befestigt wird; oder man bevorzugt wie MAATZ (207) die Kombination mit einem konischen Nagel, der dann für die achsengerechte Stellung sorgt. Schließlich gibt es auch noch als spezielles Gerät die Ellenfeder (320), eine lange Federkopfschraube (Abb.24). Die Markraumfeder für den Oberarm kann einen stärkeren Durchmesser haben, als Anker dient hier eine Drahtschraube. Nach einigen Wochen muß die Feder evtl. nachgespannt werden, die Federdrucke können bis zu 30 kg betragen (208). Bei eiternden Knochen muß neben der Feder ein Marknagel verwendet werden. Eine rasche und sichere Heilung konnte MAATZ außer bei der Ulna bei Arthrodesen von Schulter-, Hüft-, Hand- und Fußgelenken und bei Oberarmpseudarthrosen erzielen. An den langen Röhrenknochen der unteren Extremität darf wegen zu geringer Knickfestigkeit die Markraumfeder nicht verwendet werden. Ein zusätzlicher Gipsverband ist fast immer notwendig. Nach M.LANGE (185) bedeutet die Federosteosynthese trotz der beschränkten Indikationen eine Bereicherung unserer Operationsverfahren. Über gute Erfahrungen bei der Anwendung der Markraumfeder berichtete 1954 HAUBERG (107).

219 Chemische Markraumosteosynthese

Schon im Jahre 1890 hatte GLUCK (79) Versuche durchgeführt, um durch Ausgießen der Markhöhle zu einer Osteosynthese zu gelangen. Als Füllmaterial benutzte er Steinkitt, den er herstellte, indem er Colophonium zum Schmelzen brachte und mit Lapis pumic. subtil.pulver. oder Gipspulver vermischte.

1931 benutzte HEDRI (108) zu diesem Zweck Tischlerleim.

Als weiteres Material wurde von KOFMANN (145) und OEHLECKER (241) Gips verwendet, der jedoch ziemlich schnell und fast voll-

ständig resorbiert wurde. Auch KÜNTSCHER (162) experimentierte mit Gips.

Nach den Vorstellungen VOGLs (314) könnte eine plastische Masse, durch einen engen Stich-Bohrkanal in den Markraum eingespritzt, die ideale Fixation gut reponierter Fragmente von innen her ermöglichen.

Bei der Füllung der Markhöhle mit Epoxharz hatte 1958 BLOCH (16) sowohl Erfolge als auch Mißerfolge zu verzeichnen.

MANDARINO und SALVATORE (211) publizierten über Tierexperimente mit einem Polyurethanpolymer (Ostamer), das bei niedrigen Temperaturen schon polymerisiert, in situ hart wird und die Knochenfragmente fest vereint. 1960 konnten sie die Erfahrungen bei der Frakturbehandlung der ersten 60 Patienten mitteilen, bei denen sie nach Freilegung der Frakturstelle eine Corticalisleiste ausschnitten, das Knochenmark entfernten, den Kunststoff eingossen, die Knochenleiste wieder einfügten und ca. 20 Minuten bis zum Erhärten des Polymerisats warten mußten. Ihre Ergebnisse waren günstig, denn sie hatten nur 5 Mißerfolge (212). Der Kunststoff zeigte eine doppelte Wirkung, da er neben der inneren Schienung auch ein Verkitten der Bruchflächen bewirkte.

EHALT (58) mahnte nach 16 mit Ostamer behandelten Fällen zur Vorsicht.

Auch REDLER (255,256) hatte mit Ostamer 50 Osteosynthesen ausgeführt, bei 41 Fällen aber eine Lockerung oder Bruch des Ostamer-Blockes erlebt, so daß er diesen Kunststoff beim Menschen ablehnt.

Ähnlicher Ansicht sind FORGON (68), ZINGG (337), LEEHMAN und JENNY (191) und JENDRYSCHIK (134). Nach histologischen Untersuchungen befürchteten THURNER und DIMICCOLI (305), daß die Callusbildung blockiert wird.

Das Kunstharz Palacos, ein Methylmetacrylatpräparat, verwendete MÜLLER (230) 1963 zum Ausfüllen der Markhöhle bei 120 alten Patienten mit osteoporotischem Knochen oder pathologischen Frakturen; er erhielt ohne Störungen eine stabile Osteosynthese. Auf die Gefahren bei der Alloplastik mit Kunststoffen hat BÜCKLE DE LA CAMP (35) hingewiesen und vor kritikloser Anwendung gewarnt.

22 DIE HERAUSBILDUNG DER DERZEITIGEN INDIKATIONSSTELLUNG
FÜR DIE EINZELNEN VERFAHREN DER MARKRAUMOSTEOSYNTHESE

221 Frakturbehandlung

2211 Clavicula

Ein Zweck dieser Arbeit ist die kritische Betrachtung der in der Literatur veröffentlichten Erfolge und Mißerfolge mit den einzelnen Verfahren. Dies soll nun an Hand einer Auswahl der exaktesten Berichte und erfahrensten Autoren geschehen. Über die Markdrahtung des Schlüsselbeins wurde schon ausführlich referiert.

Die axiale Fixierung ohne Eröffnung der Fraktur kommt wegen der gekrümmten Knochenform praktisch nicht in Frage, wurde u.a. auch nur von NOWOTNY (239), SOMMER (295) und MURRAY (233) kurzfristig versucht.

Die meisten Chirurgen verfahren nach der z.B. von JEKER (133) angegebenen Technik, nach Freilegung des Bruchspaltes den KIRSCHNER-Draht von medial her in das laterale Fragment ein- und hindurchzubohren und dann nach Frakturreposi-tion retrograd in das mediale Bruchstück einzuführen.

LABES (176) empfahl dagegen, den Draht gleich von außen her durch das distale Bruchstück hindurch und unter Sicht in den medialen Teil des Schlüsselbeins hinein vorzuschießen.

BRUNELLI (30) operierte seine 47 Patienten derart, daß er den Draht vom Bruchspalt aus nach medial über das Sternoclaviculargelenk durch die Haut heraus trieb und dann retrograd in das laterale Fragment einbohrte.

Zwei 1966 bekannt gewordene recht kontrahäre Erfolgsmeldungen sollten zu denken geben: SCHULZ (285) erreichte in 45 Fällen eine unverzügerte knöcherne Heilung in idealer Stellung, während BAKO (5) bei 31 Claviculadrahtungen 6 Mißerfolge meldet. Er hält den Draht für zu dünn und fordert als Konsequenz die Verwendung von RUSH-Pins.

Eine größere Stabilität wird sicher durch die Anwendung eines RUSH-Pin erzielt. Die Original-Methode nach RUSH/GELBKE (271)

sieht die Einführung des Pin nach Aufbohren der Markhöhlen von lateral nach medial vor. Im Gegensatz dazu schlugen sowohl CRONE-MÜNZEBOCK (46) als auch SCHAUTZ und WILHELM (278) den Pin nicht vom äußeren, sondern vom sternalen Bruchstück aus ein, sie konnten dabei eine stabilere Osteosynthese erreichen. SCHAUTZ und WILHELM heilten so 11 Fälle ohne jegliche Komplikation.

Bei Anwendung der Marknagelung weist KÜNTSCHER (155) auf Schwierigkeiten hin, sollte nicht großzügig aufgebohrt werden. Er betont ausdrücklich, daß unbedingt beide Enden des Nagels umzubiegen sind (157). Nach seiner Vorschrift soll der Nagel von medial her in das sternale Fragment und dann über den Bruchspalt hinweg in das laterale eingeschlagen werden (171).

BÖHLER (25) sieht in der Verhinderung von Achsenknickungen und Seitenverschiebungen den Vorteil der Marknagelung, außerdem wendet er eine zusätzliche Drahtnaht an.

HÄBLER (101) lehnt wegen der Unsicherheit einer stabilen Osteosynthese und einer erfolgreichen Heilung die KÜNTSCHER-Nagelung des Schlüsselbeins ab.

2212 Oberarm

MAATZ (210) verwendet zur Behandlung der Kopffraktur den VOSS-Nagel, wenn eine Eröffnung der Bruchstelle sowieso notwendig ist, ansonsten hat er mit dem KÜNTSCHER-Nagel und dem Spreiznagel mit schiefer Ebene gute Erfahrungen gemacht.

BÜHLER (33) teilte gute Ergebnisse bei Benutzung eines kurzen Spreiznagels mit.

Subcapitale Humerusfrakturen versuchte MARLINGHAUS (215) durch percutane Markdrahtung und WITTE (330) mit einem modifizierten Dreilamellennagel zu fixieren. Nach FUCHS (73) und HENNE (117) hat sich auch die RUSH-Pinnung dieses Frakturtyps als zuverlässige Behandlung erwiesen.

Die Marknagelung stellt für den Oberarmschaftbruch zwar die aussichtsreichste medulläre Fixation dar, gelingt aber häufig nicht völlig stabil, so daß M. LANGE (186) es als Fehler be-

zeichnete, daß nicht in den meisten Fällen eine zusätzliche Drahtnaht vorgenommen wird. Die Nagelergebnisse haben sich verbessert, seit nach den Vorschlägen von HÄBLER (98) und SOEUR (293) die Nagelung von proximal und nach HAASE (90) und HERZOG (123), statt mit dem bisherigen V-förmigen Doppelnagel, mit einem geraden starren Nagel durchgeführt wird. KÜNTSCHER schloß sich dieser Methode an und gelangte durch großzügiges Aufbohren zu noch größerer Stabilität.

Nach BÖHLER (25) sind Querbrüche und Drehbrüche im mittleren Drittel für die geschlossene Nagelung am besten geeignet, die offene Nagelung nicht primär komplizierter Frakturen lehnt er ab.

FISCHER und MAATZ (64) berichteten über 22 geschlossene Humerusmarknagelungen und hatten dabei relativ gute Ergebnisse.

Bei MARWEGE (216) konnte von 42 genagelten Schaftbrüchen nur 1 Fall nicht zur Ausheilung gebracht werden.

MAATZ (320) bemerkte bei mit Marknagel oder RUSH-Pin versorgten Oberarmfrakturen eine verzögerte Verfestigung, bei offenen Brüchen sogar Ausbleiben der knöchernen Heilung. Bei Querbrüchen hält er die Versorgung mit RUSH-Pins und bei kurzen Schrägbrüchen die Nagelung von distal mit Spreiznagel für am günstigsten, bei langen Schrägbrüchen die Verwendung der Markraumfeder (210). Dagegen lehnt HAUBERG (107) die Federosteo-synthese beim Oberarmschaft ab.

Eigene gute Erfahrungen mit der Verwendung von RUSH-Pins zur Fixierung im Schaftbereich schildern KOSLOWSKI (146) und PEITSCH (246), wobei letzterer 30 Humerusschaftfrakturen durchweg erfolgreich versorgte.

Noch größere Anteile der Diaphyse stabil fixieren zu können, erhofft sich HACKETHAL (93) von seiner Bündelnagelung.

Die Behandlung der supracondylären Fraktur ist zu einer Domäne der RUSH-Pinnung geworden, auch der Versuch KÜNTSCHERS mit der Pinselnagelung (165) und der elastischen Quersfelderung mit zwei Marknägeln (167) änderte daran nichts.

SALEM (275) lehnte die Marknagelung der Oberarmfrakturen vollständig ab.

2213 Unterarm

Zunächst war die intramedulläre Stabilisierung der Frakturen mit einem KIRSCHNER-Draht sehr beliebt; nach MAATZ (204) hat auch KÜNTSCHER anfangs nur einen dicken Draht benutzt.

Eine Reihe schlechter Erfahrungen disqualifizierte jedoch die Markdrahtung am Unterarm: KNIGHT und PURVIS (139) hatten in 6 von 11 Fällen ungenügende Ergebnisse, BACHYNSKI und SMITH (4) erlebten in über 50 % von 79 Patienten ein schlechtes Resultat, bei REHM (258) kam es nur bei einem von 8 Patienten zur knöchernen Heilung, RASOVSKY (254) erzielte bei 20 Fällen 7 Mißerfolge, SAGE (274) wußte von 38 % Fehlschlägen bei einem größeren Krankengut zu berichten und ZOLCZER, SOMOS und MANNINGER (339) konnten bei 33 Unterarmbrüchen nur in 15 Fällen ein gutes funktionelles Ergebnis erzielen.

BÜRKLE DE LA CAMP (34) und LANDELIUS (184) glaubten, in einer zu engen Markhöhle die Berechtigung zur Verwendung des Markdrahtes zu erkennen, was seit der Ära des Aufbohrrens überholt sein dürfte. WEYGAND (325) benutzte in 7 Fällen der offenen KÜNTSCHER-Nagelung absichtlich zu dünne Nägel aus Angst vor möglicher Verklemmung, fixierte dafür aber zusätzlich mit einem Gipsverband.

BÖHLER (25) wies besonders auf den Fehler der Verwendung eines zu kurzen Marknagels hin und lehnte die offene Nagelung vollständig ab; letzteres Vorgehen führte auch bei TROJAN (308) zu 3 Pseudarthrosen von 6 Fällen.

MAATZ (205) entwickelte wegen der konischen Form der Markhöhle den Ellennagel, konnte aber die distraktionsbedingte Ulnapseudarthrose erst mit der Ellenfeder (206) ganz vermeiden und damit auch eine gute Behandlungsmöglichkeit des Olecranonbruches angeben.

KÜNTSCHER (171) empfiehlt, praktisch alle Schaftbrüche des Vorderarmes zu nageln.

Mit der Bündelnagelung hat HACKETHAL (93) nur geringe, aber befriedigende Erfahrungen, während sich bei ZEHNDER (334) eine Modifikation der Bündelung in ca. 50 Fällen am Unterarm gut bewährte.

Nach HACKETHAL (93) soll zur Zeit im Unterarmbereich die RUSH-Pinnung häufiger als die Marknagelung angewendet werden. ROBERTSON (262) mußte jedoch bei 20-maliger Verwendung von RUSH-Pins 5 Nagelwanderungen und 4 Pseudarthrosen in Kauf nehmen.

2214 Oberschenkel

Über die Indikation zur KÜNTSCHER-Nagelung im Bereich des Femurschaftes gab es von Anfang an die geringsten Zweifel. Daß sich hier die Marknagelung weitgehend durchgesetzt hat, kann man aus einer Umfrage von M.LANGE (186) ersehen, nach der von 25 namhaften europäischen Kliniken nur zwei dieses Verfahren ablehnen.

Es gibt auch in der Literatur eine große Anzahl von Befürwortern, darunter L.BÖHLER (24,25), J.BÖHLER (20), BRAV (29), KARITZKY (138), HÄBLER (101,102), SOEUR (293), DÜBEN (56) usw. Von den Bestrebungen geleitet, auch Frakturen distal des mittleren Schaftbereiches zu nageln, zeugen die Entwicklung des Rohrschlitznagels durch HERZOG (129), des AO-Nagels (229,231) und des Kompressionsnagels (137), die die Indikation auf kniegelenksnahe Knochenabschnitte erweitern sollen.

Für die Behandlung der supracondylären Fraktur ergeben sich seit der Einführung der RUSH-Pin - Technik neue Möglichkeiten, wie dies GELBKE (77), KOSLOWSKI (146), PEITSCH (246), FUCHS (73) und HEINEMANN (112) an Hand ihres Krankengutes übereinstimmend bestätigen.

Trotzdem ist die KÜNTSCHER-Nagelung des Femurschaftes die Methode der Wahl, und noch immer dient als Grundlage die Indikationsstellung BÖHLERS (25), geschlossene Quer- und Schrägbrüche, sowie ältere Frakturen möglichst geschlossen, aber offene, alte und in Fehlstellung verheilte Brüche bevorzugt offen zu reponieren und zu nageln.

2215 Unterschenkel

Ein größerer Teil der von M.LANGE (186) angeschriebenen Chirurgen hatte gegen die Marknagelung der Tibia Bedenken.

L.BÖHLER (25) revidierte seine 1943 ausgesprochene Empfehlung, als er 1945 zu der Feststellung gelangte, mit konservativer Behandlung doch die besseren Ergebnisse erzielt zu haben; auch 1960 war die Marknagelung dieser Frakturen bei ihm noch verboten (26). Ebenfalls wegen schlechter Erfahrungen sprachen sich ablehnend aus: WEITNAUER (324), SALEM (275), FREY (71) und auch M.LANGE (186).

Eine der Ursachen der Fehlschläge wird durch eine Statistik von MAATZ (210) erklärt, der bis 1949 mit dem Doppelnagel und dem Spreiznagel bei insgesamt 265 Fällen 25 mal eine verzögerte Knochenheilung bei Frakturen im mittleren Drittel erlebte, woran die durch die enge Taille bedingte instabile Osteosynthese Schuld hatte. Auch bei anderen Chirurgen wirkten die viel zu dünnen Nägel bestenfalls als Markbolzen.

Größere Erfolgchancen bestehen, seitdem 1949 LOTTES (200) und 1950 HERZOG (123) gerade und starre Marknägel anwendeten; dieser Möglichkeit schlossen sich dann auch KÜNTSCHER (160) und viele andere an. LOTTES (201) erreichte in nur 16 von 300 Fällen keine knöcherne Vereinigung, HAMPTON und HOLT (104) hatten nur 8 Mißerfolge bei 126 Frakturen, beide benutzten den Dreilamellen Nagel. HERZOG (125) hatte mit dem kleeblattförmigen Tibia-nagel bei 108 Patienten überhaupt keine Heilungsstörung.

Eine noch stabilere Osteosynthese wird durch großzügiges Ausbohren der Markhöhle erzielt, wozu besonders KÜNTSCHER (164, 169) rät.

Daß wirklich gute Erfolge jetzt möglich sind, ist aus Berichten von FICK (62) über 921 Nagelungen und MOYES (227) über 95 Fälle zu ersehen.

Im distalen Drittel mit seiner weiten Markhöhle ist häufig mit dem Spreiznagel mit schiefer Ebene eine günstige Fixation zu erzielen (205).

Mit dem Rohrschlitznagel nach HERZOG (126) konnte BEECK (10) 40 Tibiafrakturen komplikationslos zur Heilung bringen, auch

SALEM (276) ist damit sehr zufrieden.

Den ähnlich gebauten AO-Nagel erprobten besonders SCHNEIDER (281) und TSCHERNE (309,310) mit bestem Erfolg. Auch bei J.BÖHLER (21) ist 1956 wieder mit der gedeckten Marknagelung geschlossener Tibiafrakturen begonnen worden; mit Rohrschlitznägeln oder mit AO-Nägeln hat er in 232 Fällen gute Erfahrungen gemacht. HACKETHALs (93) Ergebnisse mit der Bündel-Nagelung waren gerade bei Tibiafrakturen besonders günstig.

DÜBEN (56), HACKELTHAL (91) und BÖTTGER (27) glauben auch an die gute Verwendbarkeit von RUSH-Pins im unteren Schaftdrittel, während GELBKE (77), KOSLOWSKI (146) und FUCHS und KÄMMERER (72) eher eine Vorrangindikation für diese bei supramalleolären Frakturen und Knöchelbrüchen annehmen.

Über die Heilung von 30 von 34 Malleolarfrakturen durch Bolzung mit einem Cialit-Knochenspan konnte TÄGER (302) berichten.

222 Speziell orthopädische Anwendungsbereiche der Markraumfixation

Für eine Reihe orthopädischer Knochenoperationen kann die Markraumosteosynthese, besonders die KÜNTSCHER-Nagelung, zur postoperativen Ruhigstellung von großem Wert sein, z.B. in der Pseudarthrosenbehandlung und bei einigen Osteotomieformen. Obwohl von den meisten Chirurgen und Orthopäden analog den Indikationen der Frakturfixation angewandt, gibt es in der Literatur kaum eine Diskussion und Erfolgsstatistiken über die Marknagelung der Pseudarthrosen. Dennoch fehlt es nicht an Verfechtern dieser Methode, so z.B. MAATZ (210), MATZEN (217), STRACKER (297), FISCHER (65). Auch KÜNTSCHER hat offensichtlich nur beste Erfahrungen damit gemacht. Beim Unterschenkel ist er von seinem Vorschlag der offenen Nagelung nach Anfrischung der Bruchflächen und Osteotomie der Fibula abgerückt (160), da ihm die geschlossene Nagelung ohne Fibularesektion und Zerstörung des Pseudarthrosengewebes, aber mit großzügigem Aufbohren, ebenso sicher gelang (166).

Einschränkend äußerten sich L.BÖHLER (24), der die Marknagelung

bei Pseudarthrosen der Tibia, des Oberarmes und des Unterarmes ablehnt, M.LANGE (186) läßt sie nur für den Oberschenkelchaft uneingeschränkt gelten, und HÄBLER (102) warnt vor ihrer Anwendung am Unterschenkel und Vorderarm.

Seit einigen Jahren wird auch in Verbindung mit der Marknagelung die Spananlagerung gern angewandt, wozu nach M.LANGE (186,188) besonders schon geschädigte oder voroperierte Knochen in Frage kommen. So hatten BALAKINA und KVIKKEVICH (6) bei 176 markgenagelten Pseudarthrosen mit autoplastischer Knochentransplantation die besten Ergebnisse.

Defektpseudarthrosen, z.B. des Unterarmes, durch Marknagelung unter Auffädung eines Stückes Fibula zu heilen, gelang WANKE (319), GRIESSMANN (210), LEZIUS (194), BÜCKLE DE LA CAMP (34) und MATZEN (217), auch HÄRTEL (103) unter Verwendung eines RUSH-Pin.

Daß der Rohrschlitznagel ebenfalls gut zur Pseudarthrosenbehandlung geeignet ist, bewies HERZOG (128) an 59 Fällen.

MÜLLER, ALLGÖWER und WILLENEGGER (231) sehen in der Verwendung des AO-Nagels bei Pseudarthrosen im mittleren Femur- und Tibiadrittel das Verfahren der Wahl.

Die Federosteosynthese kann nach MAATZ (207) bei Oberarmpseudarthrosen gute Ergebnisse bringen.

Daß die Verkürzungsosteotomie seit der Einführung der Marknagelung eine sichere operative Methode darstellt und nach M.LANGE (187,188) zur Methode der Wahl geworden ist, wurde durch TÄGER (303) an Hand von 50 Fällen der Münchner Orthopädischen Klinik bestätigt.

Größere Komplikationsgefahr besteht bei der Stabilisierung durch Marknagelung bei der Verlängerungsosteotomie, die nur unter bestimmten Voraussetzungen durchgeführt wird, entsprechend den Hinweisen bei M.LANGE (187) und KÜNTSCHER (171).

Dagegen ist die KÜNTSCHER-Nagelung durchaus indiziert zur Fixierung der Osteotomien wegen Deformitäten, wie dies von STRACKER (297), KÜNTSCHER (171) u.a. beschrieben wurde.

KÜNTSCHER (172) führt seit 1962 Osteotomien auch geschlossen durch.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Marknagelung ist die ähnlich der Hüftarthrodese hauptsächlich von KÜNTSCHER (171) angewendete Arthrodese des Kniegelenks, beider Sprunggelenke und des Ellbogengelenkes.

Die Grenzen der Markraumfixation werden erreicht bei der Durchführung einer temporären Arthrorrhise mittels Marknagel bei der habituellen Schulterluxation und bei Marknagelungsarthroplastiken am Ellbogengelenk, beides von KÜNTSCHER (171) angegeben.

Eine letzte Anwendungsmöglichkeit der Marknagelung ist die prophylaktische innere Schienung von Knochentumoren und Spontanfrakturen.

3 M A T E R I A L U N D M E T H O D I K

31 DEFINITION UND ABGRENZUNG DER AUFGABE DER STATISTISCHEN UNTERSUCHUNG

Die statistische Aufstellung der von 1957 bis 1966 mittels Markkraumfixation behandelten Fälle stellt einen Versuch dar, durch Analyse der Häufigkeit der intramedullären Osteosynthese einen Vergleich mit den in der Literatur dargelegten Erfahrungen zu ermöglichen. Weiterhin soll geprüft werden, welche Aussagen sich aus dem Anteil dieser Verfahren am gesamten Operationsgut und aus dem Verhältnis der einzelnen Methoden zueinander, auch in zeitlicher Betrachtung, über ihre Möglichkeiten und Notwendigkeiten im Bereich der operativen Orthopädie machen lassen. Letztlich spiegeln die Ergebnisse auch die Stellung der Klinik zu diesem Problem wider, deren Leitung während des Berichtszeitraums nicht gewechselt hat.

Der jahresmäßige Vergleich dürfte einen Rückschluß zulassen auf gesammelte Erfahrungen und eventuelle Verdrängung einzelner Methoden durch andere Verfahren.

32 KRANKENGUT UND AUSWERTUNGSMETHODE

Die Orthopädische Klinik München ist weder eine rein konservativ eingestellte noch eine spezielle Unfallklinik. Akute Fälle sind im Krankengut nicht überaus häufig, dennoch finden sich in dem hier analysierten Material eine ganze Reihe frischer Frakturen, die als Unfälle oder als Sportverletzungen, insbesondere Skiverletzungen, hierher zur Behandlung kamen. Ein erheblicher Prozentsatz wird durch solche Patienten gebildet, die nach fehlgeschlagenen Behandlungsmethoden aus anderen Krankenhäusern überwiesen wurden.

Eine dritte Gruppe stellt der Patientenkreis dar, der aus rein orthopädischer Indikation einer Markkraumfixation unterzogen werden mußte.

Zu bemerken ist weiterhin, daß längst nicht alle zur Markraumfixation geeigneten Fälle dieser Behandlung unterzogen worden, sondern wenn es aussichtsreicher erschien konservativ, bei Frakturen oder Pseudarthrosen mittels AO-Verschraubung und bei verschiedenen Osteotomieformen mit dem VIERNSTEIN-Gerät fixiert wurden.

Die Auswertung der Fälle erfolgte an Hand der Krankenblätter. Gewisse Schwierigkeiten ergaben sich durch das Fehlen oder unzulängliche Führung etlicher Unterlagen, so daß die Aussagen in diesen Fällen lediglich nach den Aufzeichnungen im Operationsbuch und den teilweise vorhandenen Röntgenbildern gemacht werden konnten.

Diskutiert werden sollen die Lokalisationen und die verschiedenen Methoden der von 1957 bis 1966 ausgeführten Markraumosteosynthesen.

33 BESONDERHEITEN GEGENÜBER DEN IN DER LITERATUR BEHANDELTEN PROBLEMEN

Wegen der nur teilweise verwertbaren Unterlagen ist es nicht möglich, die Unterarmverletzungen in solche beider Knochen oder nur eines einzelnen zu unterteilen, wie das von vielen Autoren gehandhabt wird; allerdings bedeutet diese Tatsache wegen der besonderen Problemstellung hier keinen Nachteil. Ergänzend kann dazu festgestellt werden, daß etwa je zur Hälfte bei gemeinsamer Fraktur von Ulna und Radius die intramedulläre Fixation beider Knochen, bzw. die Nagelung nur eines der Knochen bei Spananlagerung an den anderen durchgeführt wurde.

Grundsätzlich werden an der Orthopädischen Klinik München alle Osteosyntheseverfahren, also auch die von der Markhöhle aus, unter Eröffnung der Fraktur- oder Pseudarthrosenstelle vorgenommen, so daß sich eine Unterteilung in offene und geschlossene Reposition erübrigt.

Neben den Osteosynthesen im engeren Sinn, also mittels KÜNTSCHER-Nagel, RUSH-Pin, KIRSCHNER-Draht und Knochenbolzen soll auch die Fixation mit dem Inlay-Span bei Knochencysten am Rande mit erwähnt werden.

4 ERGEBNIS DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

41 JAHRESMÄSSIGE AUFSTELLUNG DER EINZELNEN FÄLLE

Jahr	Methode	Clavicula	Ober-arm	Unter-arm	Ober-schenkel	Tibia	Knöchel
1957	KÜNTSCHER-N. Knochenbolzen		7	13 2	14	1 2	1
1958	KÜNTSCHER-N. RUSH-Pin Knochenbolzen		5	9	20 3	2	1
1959	KÜNTSCHER-N. KIRSCHNER-D. Knochenbolzen		4	11 1 1	16 1	3 2	1
1960	KÜNTSCHER-N. Knochenbolzen		5	8	13	1 1	2
1961	KÜNTSCHER-N. RUSH-Pin Knochenbolzen Inlay-Span		4	11	16 1 1	2 1	1
1962	KÜNTSCHER-N. RUSH-Pin KIRSCHNER-D.	3	2 2	11 2	20 1	1	
1963	KÜNTSCHER-N. RUSH-Pin KIRSCHNER-D.	1	1 1	1 1	20 1	1 2	
1964	KÜNTSCHER-N. RUSH-Pin Knochenbolzen Inlay-Span		3 2 1	6	19 1		3

Jahr	Methode	Clavicula	Ober-arm	Unter-arm	Ober-schenkel	Tibia	Knöchel
1965	KÜNTSCHER-N.		1		13	6	
	RUSH-Pin		1	1			
	KIRSCHNER-D.	1	1				
	Knochenbolzen						1
	Inlay-Span		2		2		
1966	KÜNTSCHER-N.		1	1	6		
	KIRSCHNER-D.	1					
	Knochenbolzen						3

42 ANTEIL DER MARKRAUMFIXATIONEN AM GESAMTEN OPERATIONS-GUT

Insgesamt wurden in dem 10 - jährigen Berichtszeitraum 335 medulläre Osteosynthesen ausgeführt, das sind 1,60 % der 20 995 Operationen.

Die Entwicklung des jährlichen Anteils sieht wie folgt aus:

1957	40	Markraumfixationen	= 2,20 % der 1820 Operationen,
1958	40	"	= 2,23 % " 1796 " ,
1959	40	"	= 2,20 % " 1817 " ,
1960	30	"	= 1,67 % " 1801 " ,
1961	37	"	= 1,84 % " 2009 " ,
1962	42	"	= 2,07 % " 2029 " ,
1963	30	"	= 1,30 % " 2312 " ,
1964	35	"	= 1,51 % " 2315 " ,
1965	29	"	= 1,09 % " 2662 " ,
1966	12	"	= 0,49 % " 2434 " .

43 ABSOLUTE ZAHL DER EINZELNEN VERFAHREN

282 Marknagelungen mit dem KÜNTSCHER-Nagel,

14 Fixierungen mit RUSH-Pins,

10 innere Schienungen mit KIRSCHNER-Draht,

22 Knochen-Bolzungen,

7 Markhöhlenausfüllungen bei Knochencysten mit Inlay-Span.

44 INDIKATIONEN ZUR MARKRAUMOSTEOSYNTHESE

	Clavicula	Ober-arm	Unter-arm	Ober-schenkel	Tibia	Knöchel
Frakturen	3	19	38	53	3	5
Pseudarthrosen	3	20	29	30	16	7
Knochencysten		3		2	1	
Osteotomien		1	3	16	4	
Verkürzungs- osteotomien				57	1	
Verlängerungs- osteotomien				7	1	
Prophylaktische Fixationen bei Tumoren				3		

5 D_I_S_K_U_S_S_I_O_N

51 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

511 Erkenntnisse aus der Literatur

Die Entwicklung der verschiedenen Methoden der Markraumosteosynthese ist offensichtlich an einem Punkt angekommen, wo richtungsweisende Verbesserungen kaum noch denkbar erscheinen, andererseits die jahrelange Erprobung der angegebenen Verfahren eine Bewertung und Stellungnahme zuläßt.

Drei Prinzipien der Stabilisierung konnten von der Markhöhle aus verwirklicht werden: Fixation durch Querelastizität (KÜNTSCHER-Nagel), durch Längselastizität (RUSH-Pin) und durch Kompression (Federosteosynthese). Alle anderen Möglichkeiten sind Variationen oder Kombinationen dieser Prinzipien.

Bei allen Vorteilen einer Osteosynthese werden Erfolg oder Mißerfolg im wesentlichen bestimmt durch die Kompliziertheit der operativen Technik und die verschiedenartigen Reizwirkungen der in den Knochen eingepflanzten, leblosen Fremdkörper. So galten auch die im Laufe der Zeit in der Literatur veröffentlichten Verbesserungen nicht nur der Formgestaltung des Fixationsmaterials, sondern auch der Ausschaltung von Fehlern in der Methodik.

Die Diskussion über die positiven oder negativen Ergebnisse der einzelnen angewandten Verfahren ist heute bei der inzwischen großen Zahl verwertbarer objektiver Daten nur noch von untergeordneter wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung; Wertungsmaßstab und Beweis der Brauchbarkeit einer Methode sind gegeben durch deren Verbreitung, abhängig von Risiko, Einfachheit und Standardisierbarkeit. Die Anzeigestellung konnte herausgearbeitet werden für praktisch jeden Bezirk der einzelnen Röhrenknochen und für jede Bruchform.

Daß die Knochenbolzung mit den verschiedensten Werkstoffen seit der Veröffentlichung der Marknagelung durch KÜNTSCHER wegen ihrer Gefährlichkeit, mangelhaften Fixationsfestigkeit

und geringen Heilungsgarantie ihre Daseinsberechtigung verloren hat, ist nach dem Studium der entsprechenden Publikationen nicht mehr zu bezweifeln. Daran können auch einzelne Sonderindikationen, wie etwa die Bolzung der Malleolarfrakturen, nichts ändern, zumal sich keine ausschließliche und konkurrenzlose Anwendung zeigen ließ; auch die Entwicklung der Kunststoff-Bolzen dürfte daran nichts ändern, ähnliches gilt für die chemische Markraumosteosynthese.

Als anzustrebendes Ziel der intramedullären Fixation kann nach eingehender Prüfung aller diskutierten Veröffentlichungen nur eine stabile Osteosynthese akzeptiert werden, die übungsstabile Osteosynthese ist die Mindestforderung.

Unter diesen Voraussetzungen wird der Anwendungsbereich des intramedullären KIRSCHNER-Drahtes, trotz der teilweise gegen-
teiligen Veröffentlichung von weiterreichenden Erfolgen, begrenzt auf die Fälle, in denen die obengenannten Bedingungen erfüllt werden können. Dieses kann gewährleistet sein etwa am Unterarm und am Schlüsselbein. Bei letzterem beweist die unentschiedene Konkurrenz mit anderen Methoden, wie RUSH-Pin und KÜNTSCHER-Nagel, deren elastische Eigenschaften wegen der besonderen Verhältnisse oft nicht zur Wirkung kommen, daß es für die Behandlung der frakturierten Clavicula noch keine ganz sichere Maßnahme gibt. Nur allein hier kann allerdings das Fehlen jeglichen obengenannten Prinzips der Fixation im Falle des KIRSCHNER-Drahtes durch elastische Kräfte des Knochenrohres kompensiert werden. Eine in Ausnahmefällen weitergehende Verwendung des Markdrahtes ist als Verlegenheitslösung bei Unmöglichkeit einer besseren Osteosynthese anzusehen.

Durch die besprochene Literatur konnte gezeigt werden, daß die Marknagelung nach KÜNTSCHER zumindest für Querfrakturen und kurze Schrägbrüche in den mittleren Schaftbezirken der langen Röhrenknochen das Verfahren der Wahl darstellt, am Oberschenkel und Unterarm praktisch unbestritten. Keine andere Fixationsmethode erreicht hier mit so einfachen Mitteln von der Markhöhle aus eine so stabile und zuverlässige Ruhigstellung. Besonders wertvoll ist die Marknagelung auch für den Orthopäden,

hat er doch damit zur Behandlung der Pseudarthrosen und zur Stabilisierung von Oberschenkel-Osteotomien, insbesondere Verkürzungsosteotomien, ein bewährtes Verfahren zur Hand. Inwieweit die Bündel-Nagelung, deren Hauptindikationen im wesentlichen mit denen der KÜNTSCHER-Nagelung zusammenfallen, eine Ergänzung zu dieser darstellen könnte, ist schwer zu beurteilen, da ein Erfahrungsbericht von neutraler Seite noch fehlt.

Die RUSH-Pin - Technik stellt in der Markraumfixation einen effektiven Fortschritt dar, sie kann die therapeutische Lücke bei gelenknahen Brüchen schließen, Anwendung der Doppel-Pin-Methode vorausgesetzt.

Was den Wert der vielen der Marknagelung verwandten Möglichkeiten anbelangt, so soll dieser hier nicht in jedem Fall bezweifelt werden, die alleinige Verwendung durch den Konstrukteur oder wenige seiner Schüler mögen als Hinweis auf fehlende Standardisierbarkeit, schwierige Technik oder gar Überflüssigkeit gewertet werden. Letztlich ist ja nicht die Form des Nagels das Entscheidende, sondern die Exaktheit der Ruhigstellung im Bruchspalt.

512 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

Aus den angestellten Untersuchungen geht eindeutig eine weitgehende Übereinstimmung mit den in der Literatur festgehaltenen Erkenntnissen hervor. Das Verhältnis von 282 KÜNTSCHER-Nagelungen zu 53 sonstigen Markraumosteosynthesen beweist die Vormachtstellung dieses Verfahrens. Auch die Hauptanwendungsgebiete (Unterarmfrakturen und -pseudarthrosen, Oberschenkelfrakturen, -pseudarthrosen und -osteotomien) stehen in vollem Übereinklang mit den publizierten Erfahrungen.

Der Anteil der intramedullären Fixationen am gesamten Operationsgut ist ein unerwartet kleiner Prozentsatz, würde zwar unter Berücksichtigung nur gleichwertiger größerer Eingriffe ansteigen, schafft aber dennoch eine Vorstellung dafür, daß die Markraumosteosynthese in der Orthopädie zwar nicht zu

entbehren ist, aber auch nur relativ selten eine zwingende Notwendigkeit zu ihrer Anwendung besteht.

Eine Lücke in der operativen Knochenbehandlung durch Nichtverwendung anderer, in der Literatur angegebener Markraumfixationsmethoden, hat sich nicht ergeben.

52 SCHLUSSFOLGERUNG

Die Erkenntnisse aus der Literatur und den Behandlungsergebnissen der Orthopädischen Klinik München zeigen, daß wenige Methoden der Markraumosteosynthese zur einwandfreien Behandlung auch eines orthopädischen Krankengutes ausreichen. Die für den Patienten ungefährlichsten Methoden sind allen anderen vorzuziehen.

Manche Operationsmethoden von der Markhöhle aus sind außerordentlich kompliziert und technisiert, dadurch unübersichtlich, nicht standartisierbar und nur von Spezialisten zu beherrschen. Sie sind deshalb nur gering verbreitet.

Bei wirklich geeigneten Bruchformen, Erfüllung aller apparativer Voraussetzungen, Abwägung aller Gegenanzeigen und technisch einwandfreier Durchführung hat sich die KÜNTSCHER-Nagelung als sichere Behandlungsmaßnahme herausgestellt und wird es sicher auch für die Zukunft bleiben. Jedoch besteht nur dann für sie eine Indikation, wenn auf jeden Fall eine stabile Osteosynthese zu erwarten ist.

Für die orthopädische Chirurgie hat die Marknagelung ihren besonderen Wert bei der Heilung von Pseudarthrosen und der Stabilisierung des osteotomierten Femurknochens.

In der operativen Frakturenbehandlung gelenknaher Bereiche stellt die RUSH-Pin - Technik eine wertvolle Ergänzung der Marknagelung dar.

6 Z U S A M M E N F A S S U N G

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung der einzelnen Methoden der intramedullären Knochenfixation dargestellt. Dabei erfolgt zunächst eine Charakterisierung der in der Literatur angegebenen Verfahren der Knochenbolzung, der intramedullären KIRSCHNER-Drahtung, der RUSH-Pin - Technik, Pinselnagelung, Bündel-Nagelung, KÜNTSCHER-Nagelung, Federosteo-synthese, sowie der chemischen Markkraumschienung.

Außerdem wird versucht, einen weitgehend vollständigen Überblick über jemals beschriebene Modifikationen obengenannter Grundmethoden zu geben, wobei die technische Durchführbarkeit und erzielte Erfolge als Grundlagen zur Beurteilung besprochen werden.

Ein weiterer Abschnitt der Arbeit dient dem Versuch, an Hand der publizierten Ergebnisse die Entwicklung der Behandlungsweise der einzelnen Brucharten und Lokalisationen nachzuweisen. Dabei wird auch Wert gelegt auf die Behandlungsmöglichkeiten eines orthopädischen Krankengutes.

Die Aufstellung der von 1957 bis 1966 an der Orthopädischen Klinik München ausgeführten Markraumfixationen hat den Zweck, einen Vergleich mit den in der Literatur behandelten Problemen zu ermöglichen.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse kann man folgern, daß die Marknagelung nach KÜNTSCHER unter Beachtung aller Voraussetzungen für den Orthopäden und Unfallchirurgen wohl das wichtigste und zuverlässigste Verfahren der inneren Knochen-schienung ist, ergänzt in Sonderfällen durch die Anwendung der RUSH-Pin - Technik.

Den meisten der übrigen intramedullären Fixationsmethoden fehlen die Voraussetzungen für eine größere Verbreitung, größtenteils sind sie komplizierter, risikoreicher und weniger erfolgversprechend. Ihre Nichtanwendung führt zu keiner besonderen Beeinträchtigung der Möglichkeiten der operativen Knochenbehandlung.

An dieser Stelle sei es mir gestattet, Herrn Priv.-Doz. Dr. K.H.Täger für die Überlassung des Themas und die mir jederzeit gewährte Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit zu danken.

7 L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ALBEE: zit.n. R.SOEUR (293)
2. AMREIN, P.: Resultate bei operativer Pseusarthrosen- und Frakturenbehandlung mit Elfenbeinstiften. Fortschr. Röntgenstr. 16, 119 (1910)
3. AUSTONI, B. und M. TABANELLI: Beobachtungen über die Marknagelung nach Küntscher. Chirurgia (Milano) 4, 21 (1949)
4. BACHYNSKI, B. und H. SMITH: zit.n. F.P.SAGE (274)
5. BAKO, G.: Über die chirurgische Behandlung der Claviculafraktur. Magy. Traum. Orthop. hely. Seb. 9, 1 (1966)
6. BALAKINA, V.S. und K.V. KVITKEVICH: Remote results of treatment of pseudarthroses at the Leningrad Institute of Traumatology and Orthopedics for the last five years (1951-1956). Chirurgija (Moskau) 34, 3 (1958)
7. BARD, P.: Enclouage médullaire (avec broche de Kirschner) pour le membre supérieur. Lyon chir. 41, 234 (1945)
8. BARDELEBEN, A.v.: in Real-Encyclopädie der gesamten Heilkunde, Bd. 8, Urban & Schwarzenberg, Wien/Leipzig 1895
9. BAUER, K.H.: Marknagelung oder Drahtextension. Zbl. Chir. 70, 254 (1943)
10. BEEK, L.M. van: Beitrag zur Schienbeinnagelung. Chir. Praxis 1959, 61
11. BERGMANN, E.v.: zit.n. T. GLUCK (79)
12. BEYER, W.: Die Behandlung der subkapitalen Oberarmbrüche mit besonderer Berücksichtigung der Nagelung mit einem Lamellennagel. Chirurg 16, 150 (1944)
13. BIEBL, M.: Die transkortikale Knochenbolzung mit körpereigener Rippe für die blutige Behandlung von Frakturen und Pseudarthrosen. Zbl. Chir. 75, 179 (1950)
14. BIRCHER, E.: Die Elfenbeinstifte bei der Behandlung von Frakturen und Pseudarthrosen und als osteoplastischer Ersatz. Fortschr. Röntgenstr. 11, 321 (1907)
15. BIRCHER, H.: Eine neue Methode unmittelbarer Retention bei Fracturen der Röhrenknochen. Arch. klin. Chir. 34, 410 (1886)
16. BLOCH, B.: Bonding of fractures by plastic adhesives. J. Bone Jt. Surg. 40 B, 804 (1958)
17. BLUM, E. und E. AHRER: Behandlung von Strecksehnenabrissen an den Fingerendgliedern durch innere Drahtschienung. Chir. Praxis 6, 69 (1962)
18. BODROGI, I. und G. HANGOS: Zur operativen Behandlung der Klavicularfrakturen. Zbl. Chir. 86, 856 (1961)
19. BOECKER, P.: Atypische Marknagelung der subkapitalen Oberarmfrakturen. H. Unfallheilk. 43, 216 (1951)
20. BÖHLER, J.: Behandlungsergebnisse bei 151 Marknagelungen des Oberschenkels. H. Unfallheilk. 46, 6 (1953)
21. BÖHLER, J.: in L. BÖHLER: Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Ergänzungsband, Maudrich, Wien 1963
22. BÖHLER, L.: Vorschlag zur Marknagelung nach Küntscher bei frischen Oberschenkel- und Hüftfrakturen. Chirurg 15, 8 (1943)
23. BÖHLER, L.: Apparate für die Marknagelung nach Küntscher. Chirurg 15, 50 (1943)

24. BÖHLER, L.: Ablehnung der Marknagelung nach Küntscher bei Pseudarthrosen des Schienbeins, des Oberarmes und des Vorderarmes. Z.Orthop. 75, 314 (1944)
25. BÖHLER, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung im Frieden und im Kriege, III.Bd., 9.-11.Aufl., Maudrich, Wien 1945
26. BÖHLER, L.: Unzweckmäßige und gefährliche Methoden bei der Behandlung von Frakturen. Langenbecks Arch.Klin. Chir. 295, 281 (1960)
27. BÖTTGER, G.: Osteosyntheseprobleme bei Unterschenkel-frakturen. Chir.Praxis 9, 245 (1965)
28. BOLTEW, K.B.: Über die Heilung geschlossener Oberschenkel-brüche nach der Methode der intraossären Fixation. Chirurgija (Moskau) 11, 63 (1950)
29. BRAV, E.A.: Eine kritische Analyse der Endresultate von mit der Marknagelung behandelten Oberschenkel-schaftbrüchen. Surgery 34, 693 (1953)
30. BRUNELLI, G.: Le fratture della clavicola. Minerva ortop. Torino 2, 308 (1951)
31. ESTEH, C.: Markdrabt zur Behandlung von Vorderarmbrüchen. Wien.klin.Wschr. 59, 272 (1947)
32. BUDA, D. und G. PERIA: Die Behandlung der Claviculafrakturen mit axialer Marknagelung. G.ital.Chir. 14, 900 (1958)
33. BÜHLER, D.: Über die Spreiznagelbehandlung bei Frakturen im Bereich des Schultergelenkes. Inaug.-Diss. Frankfurt/Main 1955
34. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Die Marknagelung in der Wiederherstellungschirurgie. Chirurg 17/18, 476 (1947)
35. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Fehler und Gefahren der Alloplastik in der Knochen- und Gelenkchirurgie. Langenbecks Arch. klin.Chir. 289, 463 (1958)
36. BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Die einfachste Frakturbehandlung einschließlich Extension. Langenbecks Arch.klin. Chir. 295, 271 (1960)
37. BURKHARDT, V.: Erfahrungen mit Miramid BS1 als Knochenbolzen. Langenbecks Arch.klin.Chir. 298, 260 (1961)
38. CEDERMARK, J.: Osteosyntes med Kirschnertrad. Nord.Med. 21, 219 (1944)
39. CAMARGO, F.P. de: Osteosintese intramedular de Küntscher. Sao Paulo 1952. Zit.n. KÜNTSCHER (162)
40. CASSCELLS, S.W. and T.B. STRANGE: Intramedullary wire fixation of Mallet-finger. J.Bone Jt.Surg. 39 A, 521 (1957)
41. CHIARI, H.H. und H. SPÄNGLER: Zur offenen Markdrahtung von Unterarmfrakturen. Arch.orthop.u.Unfall-Chir. 52, 14 (1960)
42. COLOBIE: Traitement des fractures de la clavicule par embrochement intramédullaire transcutané à l'aide d'une broche de Kirschner. Thèse Bordeaux 1943
43. CORB: zit.n. S. PELTESOHN (247)
44. CORNIOLEY, C.E.: L'ostéosynthèse des os longs. Paris: G.Doin et Cie. 1931. Zit.n. R. SOEUR (293)
45. COTTA, H.: Die kindliche Clavicula-Pseudarthrose. Mschr.Unfallheilk. 62, 291 (1959)
46. CRONE-MÜNZEBROCK, A.: Zur Behandlung der Claviculafrakturen. Chirurg 30, 233 (1959)

47. DANIS, R.: zit.n. R.SOEUR (293)
48. DAUBENSPECK, K.: Zuverlässige Spanfixation bei stark atrophischen Defektpseudarthrosen. Chirurg 20, 535 (1949)
49. DELBET: zit.n. S.JOHANSSON (135)
50. DELITALA, F.: Dauernd verbleibender Marknagel bei Pseudarthrosenbehandlung. Z.Orthop. 79, 559 (1950)
51. DENECKE: zit.n. G.KÜNTSCHER (171)
52. DICKSON, J.A.: Intramedullary fixation of certain fractures of both bones of the forearm; report of two cases. Cleveland Clin.Quaterly 11, 62 (1944). Zit.n. STREET (299)
53. DIEFFENBACH: Eine neue sichere Heilmethode der falschen Gelenke oder Pseudarthrosen. Berlin 1846. Zit.n. MUNK (232)
54. DIETHELM, L.: Das Operieren im Röntgenlicht und der Strahlenschutz. Fortschr.Röntgenstr. 81, Beih. 37, 32 (1954)
55. DUBROW, U.G.: Zur Frage der Behandlung von geschlossenen Oberschenkelfrakturen durch interossale Fixation. Chirurgia (Moskau) 1948, 66
56. DÜBEN, W.: Indikationen zur operativen Frakturbehandlung. Dtsch.med.Wschr. 81, 2013 (1956)
57. EDEN, R. und H.NIEDEN: in GARRE/KITZNER/LEXER: Handbuch der Praktischen Chirurgie. Bd.V, 6. Aufl., Stuttgart, Enke, 1927
58. EHALT, W.: Erfahrungen mit Ostamer. Verh.Dtsch.Orthop. Gesellsch. 48, 441 (1960)
59. EHRLICH, W.: Unsere Erfahrungen mit der Marknagelung nach Küntscher. Zbl.Chir. 68, 1378 (1941)
60. EWERWAHN, W.J.: Zur Behandlung des Schlüsselbeinbruchs. Mschr.Unfallheilk. 66, 344 (1963)
61. FEVRE, M.: Traitment des fractures simultanees des deux Os de l'Avant-bras, en particulier chez l'enfant. Rev.orthop. 34, 243 (1948)
62. FICK, K.F.: Ergebnisse von 921 mittels Marknagelung nach Küntscher versorgten Unterschenkelbrüchen. Langenbecks Arch.klin.Chir. 287, 713 (1957)
63. FISCHER, A.W.: Arch.klin.Chir. 200, 27 (1940)
64. FISCHER, A.W. und R.MAATZ: Weitere Erfahrungen mit der Marknagelung nach Küntscher. Arch.klin.Chir. 203, 531 (1942)
65. FISCHER, S.: Die Marknagelung. Chirurg 36, 558 (1965)
66. FÖRSTER, W. und R.MEHNER: Behandlung von Grundgliedquerfrakturen mit innerer Schienung durch Kirschner-Draht. Mschr.Unfallheilk. 62, 152 (1959)
67. FORGON, M.: Percutane Drahtfixation der supracondylären Oberarmbrüche der Kinder. Arch.orthop.Unfall-Chir. 46, 338 (1954)
68. FORGON, M.: Über den heutigen Stand der chemischen Osteosynthese. Zbl.Chir. 86, 2303 (1961)
69. FRANK, E. und F.KISSLER: Gedeckte Markdrahtung beim Querbruch des Unterschenkels und isolierten Schienbeinbruchs. Chirurg 31, 206 (1960)
70. FREY, E.K.: Zur Operation der Brüche am oberen Ende des Oberarmes. Zbl.Chir. 61, 851 (1934)
71. FREY, F.: Die knöcherne Heilung von Schienbeinschaftbrüchen. Arch.orthop.Unfall-Chir. 46, 482 (1954)

72. FUCHS,G.und H.KAMMERER: Indikation zur konservativen Behandlung des Innenknöchelbruches und zur operativen Versorgung mit dem Rush-Pin. Chirurg 31, 254 (1961)
73. FUCHS,G.: Erfahrungen bei der Behandlung gelenknäher Frakturen mit dem Rush-Pin. Chirurg 32, 475 (1961)
74. GAERTNER,W.: Ergebnisse operativer und konservativer Schlüsselbeinbehandlung. Zbl.Chir. 80, 348 (1955)
75. GAUDARD: Sur les chevilles d'ivoire comme moyen d'immobilisation directe des fragments osseux et comme soutien du périoste.Thèse inaug.Genf 1892. Zit.n. MARKEES (214)
76. GECKELER,E.O.: Fractures of the clavicle in adults.Kirschner wire fixation (Murraymethod). Amer.J.Surg. 81, 333 (1951)
77. GELBKE,H.: Die „dynamische Osteosynthese“ nach Rush,eine wertvolle Vervollständigung der Küntscher-Nagelung. Chirurg 26, 529 (1955)
78. GELBKE,H.: Inwiefern ist die intramedulläre Frakturfixation nach RUSH etwas Neuartiges und Wertvolles in der Unfallchirurgie? H.Unfallheilk. 55, 237 (1957)
79. GLUCK,T.: Die Invaginationsmethode der Osteo- und Arthroplastik. Berl.klin.Wschr. 27, 732,753 (1890)
80. GODARD,H.et J.LEVEUF: Le brochage intramédullaire des fracture de la clavicule. Mém.Acad.Chir. 69 (1943)
81. GODARD,H.et R.MICHEL-BÉCHET: Nouvelles Techniques de Traitement des Fractures. G.Doin et Cie.,Paris 1948
82. GÖPFERT,H.: Ergebnisse der operativen Behandlung geschlossener Gliedmaßenbrüche. H.Unfallheilk. 87, 274 (1966)
83. GOUMAIN et LABABRE: Sur un cas d'enchevillement d'une fracture de clavicule par broche de Kirschner. J.Méd. Bordeaux 120 (1943)
84. GROVES,E.W.HEY: Über operative Behandlung der Frakturen, mit besonderer Berücksichtigung des Gebrauches intramedullärer Bolzen. Arch.klin.Chir. 99, 631 (1912)
85. GROVES,E.W.HEY: On modern methods of treating fractures. Bristol 1916. Zit.n. WATSON-JONES and coll.(322)
86. GROVES,E.W.HEY: Ununited fractures with special reference to gunshot injuries and the use of bone grafting. Brit.J.Surg. 6, 203 (1918)
87. GÜNTZ,E.: Die Anwendung der Marknagelung nach Küntscher bei orthopädischen Knochenoperationen. Arch.orthop.Unfall-Chir. 43, 408 (1944)
88. GUILLEMINET,M.: Documents sur le brochage intramédullaire des os de l'avant-bras. Lyon Chir. 40, 763 (1946)
89. GULEKE,N.: in GARRE/KÜTTNER/LEXER: Handbuch der Praktischen Chirurgie, Bd.V,6.Aufl., Enke,Stuttgart 1927
90. HAASE,W.: zit.n. G.KÜNTSCHER (163)
91. HACKETHAL,K.H.: Küntscher- oder Rush-Nagelung. Langenbecks Arch.klin.Chir. 287, 703 (1957)
92. HACKETHAL,K.H.: Die Bündel-Nagelung. Eine Methode der Marknagelung langer Röhrenknochen. Langenbecks Arch.klin.Chir. 298, 1001 (1961)
93. HACKETHAL,K.H.: Die Bündel-Nagelung. Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1961

94. HACKETHAL, K.H.: Zur Indikation und Technik der Bündel-nagelung. Chirurg 33, 87 (1962)
95. HACKETHAL, K.H.: Vollapparative geschlossene Frakturrepo-sition und percutane Markraumschienung bei Kindern. Zbl.Chir. 88, 1280 (1963)
96. HACKETHAL, K.H.: Vollapparative geschlossene Fraktur-Repo-sition und percutane Markraumschienung bei Kindern. Langenbecks Arch.klin.Chir. 304, 621 (1963)
97. HACKETHAL, K.H.: Warum auch noch Bündelnagelung? Chirurg 34, 550 (1963)
98. HÄBLER, C.: Die Marknagelung der Oberarmbrüche vom proxi-malen Ende. Zbl.Chir. 70, 734 (1943)
99. HÄBLER, C.: Arch.klin.Chir. 307, 511 (1944)
100. HÄBLER, C.: Die stabile Osteosynthese. München 1944
101. HÄBLER, C.: Marknagelung nach Küntscher bei Schaftbrüchen der langen Röhrenknochen. Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1950
102. HÄBLER, C.: Indikation und Gegenindikation zur Marknage-lung. H.Unfallheilk. 45, 68 (1953)
103. HARTIG, O.: Behandlung der Unterarmschaftpseudarthrosen mit Fibulatransplantaten und Fixierung durch Rush-Nagelung. Zbl.Chir. 89, 1335 (1964)
104. HAMPTON, O.P. and E.P.HOLT: The present status of intrame-dullary nailing of fractures of the tibia. Amer.J.Surg. 93, 597 (1957)
105. HANSEN, H.H., D.M.STREET, J.B.BREWER: The medullary nail. Presentation of a new type and report of a case. Arch.Surg. 55, 423 (1947)
106. HARNACH, Z.: Benützung des Marknagels bei der Behandlung der Frakturen der langen Knochen. Acta Chir.orthop.traumatol.cechoslov. 20, 209 (1953)
107. HAUBERG, G.: Weitere gute Erfahrungen mit der Federosteo-synthese. Chirurg 25, 315 (1954)
108. HEDRI: Ein neues Prinzip der Osteosynthese. Langenbecks Arch.klin.Chir. 167, 145 (1931)
109. HEIM, H.: Die Marknagelung von Oberschenkelschußfrakturen. Chirurg 15, 387 (1943)
110. HEIM, U.: Helv.chir.Acta 30, 97 (1963)
111. HEINE, C.v.: Über operative Behandlung der Pseudarthrosen. Arch.klin.Chir. 22, 472 (1878)
112. HEINEMANN, G.: Zur Behandlung der Trümmerbrüche des proxi-malen Oberschenkelschaftes. Zbl.Chir. 87, 662 (1962)
113. HEINZE, R.: in ZETKIN/KÜHTZ: Die Chirurgie des Traumas. Bd.III, Verl.Volk u.Gesundheit, Berlin 1958
114. HEINZE, R.: Plaste und Chemiefasern in der Chirurgie. Dtsch.Gesundheitswes. 14, 1049 (1959)
115. HELLER: Über operative Behandlung rebellischer Vorderarm-frakturen. Zbl.Chir. 57, 1177 (1930)
116. HENNE, H.F.: Vorzüge und Grenzen des Rush-Pin. Zbl.Chir. 89, 1181 (1964)
117. HENNE, H.F.: Vorzüge und Grenzen des Rush-Pin. Chirurg 36, 369 (1965)
118. HERNANDES ROS Y CODORNIO, A.: El enclavijamiento intramedu-lar en las fracturas de la clavícula. Cirug.Apar. loccom. 2, 230 (1945)

119. HERZ: zit.n. S.PELTESOHN (247)
120. HERZOG,K.: Hebelgerät zum Ausgleich der Seitenverschiebung bei Brüchen der langen Röhrenknochen zur Anwendung bei der Marknagelung. Zbl.Chir. 70, 1656 (1943)
121. HERZOG,K.: Marknagelung von Tibiafrakturen mit dem Oberschenkelnagel. Zbl.Chir. 76, 903 (1951)
122. HERZOG,K.: Die Gleitbolzung, eine Methode zur Osteosynthese. Chirurg 17/18, 604 (1947)
123. HERZOG,K.: Die Nagelung von Oberarmbrüchen mit geradem, starrem Marknagel. H.Unfallheilk. 42, 224 (1951)
124. HERZOG,K.: Verlängerungsosteotomie unter Verwendung des percutan gezielten verriegelten Marknagels. H.Unfallheilk. 42, 226 (1951)
125. HERZOG,K.: Nagelung der Tibiaschaftbrüche mit einem starren Nagel. Langenbecks Arch.klin.Chir. 276, 227 (1953)
126. HERZOG,K.: Die Verwendung des Rohrschlitznagels bei der Behandlung frischer und veralteter Schienbeinbrüche. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 44, 377, 1956
127. HERZOG,K.: Technik und Ergebnisse von Marknagelungen schwieriger Tibiafrüche und Pseudarthrosen. Langenbecks Arch.klin.Chir. 287, 693 (1957)
128. HERZOG,K.: Über die Eignung dicker Marknägel (Rohrschlitznägel) zur Behandlung von Tibiapseudarthrosen unter Belassung des Pseudarthrosengewebes. Chirurg 31,21 (1960)
129. HERZOG,K.: Die Technik der geschlossenen Marknagelung des Oberschenkels mit dem Rohrschlitznagel. Chirurg 31, 465 (1960)
130. HOGLUND,E.J.: New method of applying autogenous intramedullary bone-transplants and of making autogenous bone-screws. Surg.,Gynec.and Obstet. 24, 243 (1917); zit.n. WATSON-JONES and coll.(322)
131. HOLLE,F.und R.SCHAUTZ: Praktische Erfahrungen mit der intramedullären Frakturfixation durch Rushpin. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 48, 435 (1960)
132. ILYENKOV,S.J.: Intraosseous osteosynthesis by means of a metal rod in fractures of the forearm. Chirurgija (Mosk.) 35, 59 (1959)
133. JEKER,L.: Die Osteosynthese der Claviculafraktur mittels Längsdrahtung. Helv.chir.Acta 13, 369 (1946)
134. JENDRYSCHIK,A.H.: Chemoosteosynthese durch Ostamer. Z.Orthop. 95, 97 (1962)
135. JOHANSSON,S.: Operative Behandlung von Schenkelhalsfrakturen. Levin & Munksgaard, Kopenhagen 1934
136. JOLY: zit.n. R.SOEUR (293)
137. KAESSMANN,H.-J.: Stabile Osteosynthese durch den Kompressionsnagel. Chirurg 37, 272 (1966)
138. KARITZKY,B.: Zur Marknagelung von Frakturen der langen Röhrenknochen. Zbl.Chir. 77, 148 (1952)
139. KNIGHT,R.A. and G.D.PURVIS: Fractures of both bones of the forearm in adults. J.Bone Jt.Surg. 31 A,755 (1949)
140. KNÖFLER,H.: Ein Beitrag zur optimalen operativen Behandlung der Claviculafraktur. Chirurg 33, 308 (1962)
141. KOEHLIN,C.: Indikation und Technik der Fingerarthrodesen. Helv.chir.Acta 30, 105 (1963)

142. KÖNIG, F.: Lehrbuch der speciellen Chirurgie. 1886
143. KÖNIG, F.: Verh.Dtsch.Ges.f.Chir. 36, 473 (1907)
144. KÖNIG, F.: Über die Implantation von Elfenbein zum Ersatz von Knochen- und Gelenkenden. Beitr.klin.Chir.85, 91 (1913)
145. KOFMANN: zit.n. G.KÜNTSCHER (162)
146. KOSLOWSKI, L.: Frakturbehandlung mit dem Rush-Federstab -Möglichkeiten und Grenzen. Chirurg 29, 108 (1958)
147. KRISTANOV, D.K.: Method of metallic intramedullar osteosynthesis in the treatment of closed diaphyseal forearm fractures. Ortop., Travmat.i Protezir. 19, 9 (1958); Ref.: Z.Org.ges.Chir. 151, 232 (1958)
148. KRÖMER, K.: Ein neuer Operationstisch für Knochenbrüche mit Verrenkungen. Zbl.Chir. 75, 93 (1950)
149. KÜNTSCHER, G.: Die Marknagelung von Knochenbrüchen. Tier-experimenteller Teil. Klin.Wschr. 19, 6 (1940)
150. KÜNTSCHER, G.: Die Marknagelung von Knochenbrüchen. Klin.Wschr. 19, 833 (1940)
151. KÜNTSCHER, G.: zit.n. MAATZ (210), S.71.
152. KÜNTSCHER, G.: Die Technik der Marknagelung des Unterschenkels und Oberarms. Zbl.Chir. 68, 1138 (1941)
153. KÜNTSCHER, G.: Das Wesen der Marknagelung von Knochenbrüchen. Zbl.Chir. 69, 1837 (1942)
154. KÜNTSCHER, G.: Die stabile Osteosynthese bei der Osteotomie. Chirurg 14, 161 (1942)
155. KÜNTSCHER, G. und R.MAATZ: Technik der Marknagelung. G.Thieme, Leipzig 1945
156. KÜNTSCHER, G.: Zwei einfache Repositionsgeräte. Chirurg 20, 320 (1949)
157. KÜNTSCHER, G.: Die Behandlung der Klavikularpseudarthrose. Zbl.Chir. 77, 1364 (1952)
158. KÜNTSCHER, G.: Die Technik der Verkürzungsosteotomie. Arch.orthop.Unf.-Chir. 46, 1 (1953)
159. KÜNTSCHER, G.: zit.n. C.HÄBLER (101), S.142.
160. KÜNTSCHER, G.: Über die Marknagelung der Tibiaschaftbrüche. Langenbecks Arch.klin.Chir. 276, 217 (1953)
161. KÜNTSCHER, G.: Fortschritte auf dem Gebiete der Marknagelung. Zbl.Chir. 78, 1109 (1953)
162. KÜNTSCHER, G.: Die Marknagelung der suprakondylären Femurfraktur. Mschr.Unfallheilk. 57, 135 (1954)
163. KÜNTSCHER, G.: Zur Frage der Marknagelfrakturen. Arch.orthop.Unf.-Chir. 46, 429 (1954)
164. KÜNTSCHER, G.: Das Aufweiten der Markhöhle bei der Behandlung der Pseudarthrose und der frischen Fraktur. Chirurg 25, 209 (1954)
165. KÜNTSCHER, G.: Die Marknagelung gelenknaher Brüche. Mschr.Unfallheilk. 58, 12 (1955)
166. KÜNTSCHER, G.: Fünfzehn Jahre Marknagel. Langenbecks Arch.klin.Chir. 282, 211 (1955)
167. KÜNTSCHER, G.: Stabile Osteosynthese gelenknaher Brüche. Zbl.Chir. 82, 1641 (1957)
168. KÜNTSCHER, G.: Ein einfacher Distraktionsbügel für die Marknagelung. Chirurg 29, 333 (1958)
169. KÜNTSCHER, G.: Marknagelung des Unterschenkelschaftbruchs. Chir.Praxis 6, 85 (1962)

170. KÜNTSCHER, G.: Zur Geschichte der Marknagelung. CIBA-Symposium 10, 50 (1962)
171. KÜNTSCHER, G.: Praxis der Marknagelung. Schattauer, Stuttgart 1962
172. KÜNTSCHER, G.: Die geschlossene Osteotomie der langen Röhrenknochen. Chirurg 33, 273 (1962)
173. KÜNTSCHER, G.: Mark-, Pinsel- und Bündelnagelung. Chirurg 34, 111 (1963)
174. KÜNTSCHER, G.: Die Form des Marknagels. Zbl.Chir. 88, 1297 (1963)
175. KÜNTSCHER, G.: Die geschlossene Verkürzungsosteotomie. Z.Orthop. 98, 123 (1964)
176. LABES, H.: Zur Spießung der Klavikular- u. Unterarmfrakturen durch Kirschnerdraht. Zbl.Chir. 82, 1166 (1957)
177. LAFFITTE, H., P.SUIRE et J.MONTAUBIN: Fractures diaphysaires des membres, récentes, traitées par l'enclouage centro-médullaire (25 cas). Mem.Acad.Chir. 73, 161 (1947)
178. LAHAUT, J.: Traitement des fractures non engrênées du col de l'humérus par greffe centro-médullaire. J.Chir. (Paris) 81, 215 (1961)
179. LAMBOTTE, A.: L'intervention opératoire dans les fractures récentes et anciennes envisagée particulièrement au point de vue de l'ostéo-synthèse avec la description de plusieurs techniques nouvelles. Paris: A.Maloine, 1907; zit.n. R.SOEUR (293)
180. LAMBOTTE, A.: Société Belge de Chirurgie 1910; zit.n. R.SOEUR (293)
181. LAMBOTTE, A.: Chirurgie opératoire des fractures. Paris: Masson et Cie., 1913
182. LAMBOTTE, A.: L'ostéosynthèse par clouage transarticulaire dans les fractures juxtaarticulaires. Paris Chir. 17, 145 (1925)
183. LAMBRIDUNI, G.: Intramedullary Kirschner wires in the treatment of fractures. Proc.roy.Soc.Med. 33, 153 (1939/40)
184. LANDELIUS, E.: Intramedullary pinning with Kirschner wires. Acta chir.scand. 101, 203 (1951)
185. LANGE, M.: Z.Orthop. 80, 674 (1951)
186. LANGE, M.: Die Gefahren und Fehler der Osteosynthese. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 1959, 415
187. LANGE, M.: Zur Verlängerungsosteotomie. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 1960, 456
188. LANGE, M.: Orthopädisch-Chirurgische Operationslehre. 2.Aufl. Bergmann, München 1962
189. LANZ, T.v. und WACHSMUTH: Praktische Anatomie. Bd.I/4, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg
190. LAURENCE, G.: L'enclouage médullaire des fractures des os longs. Rev.Orthop. 30 (1942/44)
191. LEEMANN, R.A. und M.JENNY: Tierexperimentelle Erfahrungen mit Ostamer zur Frakturleimung. Helv.chir.Acta 28, 484 (1961)
192. LEXER, E.: Zur Behandlung der Knochenbrüche. Münch.med.Wschr. 56, 593 (1909)
193. LEXER, E.: Blutige Vereinigung von Knochenbrüchen. Dtsch.Z.Chir. 133, 170 (1915)

194. LEZIUS, A.: Der stabile osteoplastische Ersatz großer Knochendefekte der unteren Gliedmaßen. Chirurg 17/18, 162 (1947)
195. LEZIUS, A.: Die stabile osteoplastische Überbrückung von Vorderarm-Knochendefekten. Chirurg 17/18, 208 (1947)
196. LEZIUS, A.: Intramedullary nailing of intertrochanteric and subtrochanteric fractures with curved nail. J.int.Coll.Surg. 12 (1950)
197. LINSMAYER, H.: Ein Gerät für die Marknagelung nach Küntscher. Chirurg 15, 48 (1943)
198. LONG, R.D. and H.C. PETT: Medullary canal wire transfixation in metacarpal and forearm fractures. U.S.Nav. Bull 44, 253 (1945); zit.n. SCHWARTZ and HARMON (288)
199. LOTTES, J.O.: Die Behandlung von Oberschenkelfrakturen mit einem starken, mit großer Bohrung versehenen Dreilamellen Nagel. Surgery 29, 868 (1951)
200. LOTTES, J.O., L.J. HILL und J.A. KEY: Geschlossene Reposition, Plattenfixation und Marknagelung von Frakturen beider Unterschenkelknochen. J.Bone Jt.Surg. 34 A, 861 (1952)
201. LOTTES, J.O.: Blind nailing technique for insertion of the triflange medullary nail. Report of three hundred nailings for fractures of the shaft of the tibia. J.Amer.Med.Assoc. 155, 1039 (1954)
202. MAATZ, R.: Die "chemische" Reizwirkung des Küntscher-Nagels. Arch.orthop.Unf.-Chir. 42, 513 (1942)
203. MAATZ, R.: zit.n. C.HÄBLER (101), S.85.
204. MAATZ, R.: Die Unterarmnagelung nach Küntscher. Chirurg 15, 278 (1943)
205. MAATZ, R.: Über Formschlüssigkeit bei der Küntscher-Nagelung (Neue Nagelformen). Zbl.Chir. 70, 1641 (1943)
206. MAATZ, R.: Über Ursache und Verhütung der Ellenpseudarthrose. Chirurg 20, 287 (1949)
207. MAATZ, R.: Osteosynthese mit Feder. Langenbecks Arch.klin. Chir. 263, 201 (1949)
208. MAATZ, R.: Die Reaktion des Knochens auf Federdruck. Arch.orthop.Unf.-Chir. 44, 529 (1951)
209. MAATZ, R.: Die Federosteosynthese. K.Jansen, Kiel 1951
210. MAATZ, R., H.GRIESSMANN, H.JUNGE, H.-J.HOPPE, W.SCHÜTTEMAYER und H.LEMPERT: Ergebnisse der Marknagelung. H.Unfallheilk. 40, 1951
211. MANDARINO, M.P. and J.E.SALVATORE: Polyurethane polymer. Its use in fractured and diseased bones. Amer.J.Surg. 97, 442 (1959)
212. MANDARINO, M.P. and J.E.SALVATORE: zit.n. M.FORGON (68)
213. MARINI und SEBELLINI: Boll.sci.med. 128, 21 (1956)
214. MARKEES, E.: Beitrag zur operativen Behandlung gebrochener Knochen. Beitr.klin.Chir. 16, 101 (1896)
215. MARLINGHAUS: Percutane Markdrahtung subkapitaler Humerusfrakturen. Zbl.Chir. 77, 1832 (1952)
216. MARWEGE, H.: Sollen Oberarmschaftbrüche genagelt werden? Ein Beitrag zur Küntscher-Nagelung der Oberarmschaftbrüche. Bruns Beitr.klin.Chir. 189, 245 (1954)
217. MATZEN, P.F.: Der Marknagel in der Pseudarthrosenbehandlung. Zbl.Chir. 78, 1624 (1953)

218. MATZEN, P.F.: in ZETKIN/KÜHTZ: Die Chirurgie des Traumas. Bd. III/2, Verl. Volk u. Gesundheit, Berlin 1958
219. MATZEN, P.F.: in HOHMANN/HACKENBROCH/LINDEMANN: Handbuch der Orthopädie. Bd. IV/1, G. Thieme, Stuttgart 1961
220. MAURATH, J., H. KÖBLER und H. CHRIST: Kritische Betrachtungen zur Osteosynthese mit dem Rush-Pin bei Schaftfrakturen. Arch. orthop. Unf.-Chir. 54, 347 (1962)
221. MAURATH, J., H. CHRIST und H. KÖBLER: Untersuchungen über die Stabilität der Osteosynthese mit der Bündelnagelung nach Hackethal bei Schaftfrakturen. Arch. orthop. Unf.-Chir. 56, 132 (1964)
222. MAURATH, J., H. CHRIST und H. KÖBLER: Die Stabilität bei der Osteosynthese bei Schaftbrüchen. Med. Welt 13, 617 (1965)
223. MEINS, G.: Pertrochantäre Frakturen und Rundnagelung. Chirurg 10, 443 (1951)
224. MÉNÉGAUX, G., D. ODIETTE and P. MOYSE: Action cytotoxique de quelques métaux sur le tissu osseux. Presse méd. 42, 1844 (1934); zit. n. WATSON-JONES and coll. (322)
225. MICHEL-BÉCHET, R. et H. GODARD: Le brochage central amovible des fractures de l'avant-bras, de l'humérus et du tibia. Mém. Acad. Chir. 70, 147 (1944); zit. n. R. SOEUR (293)
226. MORAZA ORTEGA, M.: Eine neue Bolzungsmethode. Zbl. Chir. 63, 1828 (1936)
227. MOYES, E.J.: Küntscher's intramedullary pin, with reference to 541 cases. Arch. chir. neerl. 4, 1 (1952)
228. MÜLLER-MEERNACH: Die Bolzung der Brüche der langen Röhrenknochen. Zbl. Chir. 60, 1718 (1933)
229. MÜLLER, M.E.: Principes d'ostéosynthese. Helv. chir. Acta 28, 198 (1961)
230. MÜLLER, M.E.: Kunstharze in der Knochenchirurgie. Helv. chir. Acta 30, 121 (1963)
231. MÜLLER, M.E., A. ALLGÖWER, H. WILLENEGGER: Technik der operativen Frakturenbehandlung. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963
232. MUNK, H.: Über das Einlegen von Elfenbeinzapfen in die Markhöhle der Röhrenknochen bei der Operation der Pseudarthrose und bei dislozierten Frakturen. Beitr. klin. Chir. 6, 679 (1890)
233. MURRAY, G.: A method of fixation for fracture of the clavicle. J. Bone Jt. Surg. 22, 616 (1940)
234. MURRAY, G.: The use of longitudinal wires in bones in the treatment of fractures and dislocations. Amer. J. Surg. 107, 156 (1945)
235. NABAVI, M.H.: Der heutige Stand der inneren Knochenschiessung. Medizin heute 13, 347 (1964)
236. NABAVI, M.H.: Heutige Indikationen konservativer und operativer Frakturenbehandlung. Med. Welt 17, 1077 (1966)
237. NEUMANN, F.: L'os purum dans l'enchevillement des fractures diaphysaires. Mém. Acad. Chir. 63, 431 (1937)
238. NICOLAYSEN, J.: Lidt om diagnose og behandling af fractura colli femoris. Nord. med. Ark. 8, 1 (1897); zit. n. S. PELTESOHN (247)
239. NOWOTNY, H.: Über direkte Fixierung von Knochenbrüchen mit der Nadel. Zbl. Chir. 60, 2361 (1933)

240. OBERHOLZER, J.: Beitrag zur Behandlung der Querfraktur des Vorderarmes in Schaftmitte. *Helv.chir.Acta* 13, 363 (1946)
241. OEHLECKER: zit.n. G.KÜNTSCHER (162)
242. OPERTI, F.: Technique e risultati del trattamento delle fratture della clavicola mediante osteosintesi endomidollare. *Minerva ortop.* 3, 97 (1952)
243. PAUL, D.: Die Markdrahtung bei Unterschenkelfrakturen. *Zbl.Chir.* 89, 1470 (1964)
244. PAVLIK, A.: A femoral intramedullary nail. *J.Bone Jt.Surg.* 39 A, 1059 (1957)
245. PAVLIK, A. und O.JURAS: Erfahrungen mit der Anwendung des Marknagels nach Pavlik bei der Verkürzung des Femur. *Acta chir.orth.et traumat.Csl.* 31, 41 (1964)
246. PEITSCH, H.: Erfahrungen mit der intramedullären Frakturfixation nach Rush. *Mschr.Unfallheilk.* 62, 368 (1959)
247. PELTESOHN, S.: Beiträge zur operativen Behandlung der Knochenbrüche und ihrer Folgen. *Arch.klin.Chir.* 86, 807 (1908)
248. PELTIER, L.F.: Nail design; an important safety factor in intramedullary nailing. *Surgery* 28, 744 (1950)
249. PEREGALLI, P.F.: Considerazioni sub trattamento delle fratture biossec d'avambraccio con infibulazione endomidollare. *Arch.ortop.* 65, 52 (1952)
250. PERONI, L.: L'osteosintesi midollare nel trattamento delle fratture della clavicola. *Arch.ortop.* 63, 398 (1950)
251. POHL, J.: Beitrag zur blutigen Behandlung der Fractura colli humeri und der Brüche des proximalen Humerus-endes. *Zbl.Chir.* 77, 1056 (1952)
252. PRATT, D.R.: Internal splint for injuries of the extensor tendon of the finger. *J.Bone Jt.Surg.* 34, 785 (1952)
253. RAISCH, O.: Zur Marknagelung von Frakturen langer Röhrenknochen. *Zbl.Chir.* 70, 390 (1943)
254. RASOVSKY, A.: 20 cas de traitement de fractures de l'avant bras par prothèse intramédullaire d'une fil de Kirschner. *Gas.lék cesk.*, 480 (1955). Ref.: *Z.Org.ges.Chir.* 140, 84, 1955
255. REDLER, I.: Chemical osteosynthesis. *J.Bone Jt.Surg.* 42 A, 524 (1960)
256. REDLER, I.: Plast.reconstr.Surg. 25, 174 (1960)
257. REHBEIN, F.: Druckschrauben und Spanndraht bei Osteotomien und Osteosynthesen. *Chirurg* 19, 506 (1948)
258. REHM, J.: Beobachtungen bei der Verwendung von V2A-Stahldrähten zur Markschienung von Unterarmfrakturen. *Chirurg* 26, 390 (1955)
259. REMÉ, H.: Bericht über 115 mit dem Rundnagel nach LEZIUS versorgte pertrochantere Frakturen. *Langenbecks Arch. klin.Chir.* 287, 709 (1957)
260. RICHARD, A.: Operative Versorgung der Schlüsselbeinfraktur. *Med.Welt* 1961, 2581
261. RISSLER: zit.n. G.KÜNTSCHER (170)
262. ROBERTSON, R.C.: Intramedullary fixation of fractures of the forearm. Evaluation of twenty successive unselected cases. *Amer.J.Surg.* 85, 496 (1953)

263. ROCHER, C.: L'enclouage centro-médullaire des os longs. Mém. Acad. Chir. 70, 144 (1944); zit. n. R. SOEUR (293)
264. ROUX, P.: zit. n. P. AMREIN (2)
265. RUSH, L.V. and H.L. RUSH: A reconstruction operation for comminuted fracture of the upper third of the ulna. Amer. J. Surg. 38, 332 (1937)
266. RUSH, L.V. and H.L. RUSH: A technique for longitudinal pin fixation of certain fractures of the ulna and of the femur. J. Bone Jt. Surg. 21, 619 (1939)
267. RUSH, L.V. and H.L. RUSH: Evolution of medullary fixation of fractures by the longitudinal pin. Amer. J. Surg. 78, 324 (1949)
268. RUSH, L.V. and H.L. RUSH: A medullary fracture pin for spring type fixation: as applied to the femur. Mississippi Doct. 27, 260 (1949)
269. RUSH, L.V. and H.L. RUSH: Intramedullary fixation of the humerus by the longitudinal pin. Surgery 27, 268 (1950)
270. RUSH, L.V.: Dynamic factors in medullary pinning of fractures. Amer. Surg. 17, 803 (1951)
271. RUSH, L.V.: Atlas of Rush pin technics. A system of fracture treatment. The Berivon Company, Meridian 1955
- RUSH, L.V./H. GELBKE: Atlas der intramedullären Frakturfixation nach Rush. J. A. Barth, München 1956
272. RUSSO, G. e G. LETIZIA: L'inchiodamento intramidolare nelle fratture della clavicola. Minerva ortop. 5, 445 (1954)
273. SACHSE, H.: Grundprobleme und Fortschritte in der Chirurgie mit Kirschner-Drähten. Bruns' Beitr. klin. Chir. 194, 158 (1957)
274. SAGE, F.P.: Medullary fixation of the fractures of the forearm. A study of the medullary canal of the radius and a report of fifty fractures of the radius treated with a prebent triangular nail. J. Bone Jt. Surg. 41 A, 1489 (1959)
275. SALEM, G.: 10 Jahre Küntscher-Marknagelung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 271, 313 (1952)
276. SALEM, G.: Behandlung der Tibiapseudarthrosen mit dem Rohrschlitznagel. Chirurg 31, 74 (1960)
277. SÉDILLOT: zit. n. E. MARKEES (214)
278. SCHAUTZ, R. und A. WILHELM: Zur Osteosynthese der Claviculafraktur. Chirurg 34, 154 (1963)
279. SCHINK, W.: Indikationen zur operativen Knochenbruchbehandlung. Chir. Praxis 6, 359 (1962)
280. SCHMORELL, H.: Zur Knochenbolzung bei Frakturen der langen Röhrenknochen mit Bolzen aus Amputationsknochen. Zbl. Chir. 77, 1751 (1952)
281. SCHNEIDER, R.: Die Marknagelung der Tibia. Helv. chir. Acta 28, 207 (1961)
282. SCHÖNE, G.: Behandlung von Knochenbrüchen durch Bolzung. Dtsch. med. Wschr. 39, 676 (1913)
283. SCHÖNE, G.: Zur Behandlung von Vorderarmfrakturen mit Bolzung. Münch. med. Wschr. 60, 2327 (1913)
284. SCHÜLER, U.: Über den plastischen Ersatz von Defekten. Inaug.-Dissert. Berlin 1888; zit. n. T. GLUCK (79)
285. SCHULZ, C.H.: Beitrag zur Osteosynthese der Claviculafraktur mittels Kirschnerdraht. Chirurg 37, 294 (1966)

286. SCHUMANN, G.: Erfolgreiche Nagelung beim Schenkelhalsbruch der Tabiker. Zbl.Chir. 69, 1861 (1942)
287. SCHUMANN, H.D. und J.SALMUTTER: Zur Retention instabiler Unterschenkelschaftbrüche durch Markdrahtung. Zbl.Chir. 86, 2332 (1961)
288. SCHWARTZ, A.A. and P.H.HARMON: Threaded wires and pins for longitudinal medullary fixation of fractures of the humerus, radius, ulna and tibia. Amer.J.Surg. 79, 264 (1950)
289. SENFF, A.: Die Gefahren der Fettembolie bei der Marknagelung nach Küntscher. Zbl.Chir. 75, 339 (1950)
290. SMITH-PETERSEN, M.N., E.F.CAVE and G.W.VANGORDER: Intracapsular fractures of the neck of the femur. Arch.Surg. 23, 715 (1931)
291. SOCIN, A.: Jahresbericht über die chirurgische Abteilung des Spitals zu Basel 1879, S.80; zit.n. H.MUNK (232)
292. SOCIN, A.: Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte 1887, 12.
293. SOEUR, R.: Intramedullary pinning of diaphyseal fractures. J.Bone Jt.Surg. 28 A, 309 (1946)
294. JOFIELD, H.A. and E.A.MILLAR: Fragmentation, realignment, and intramedullary rod fixation of deformities of the long bones in children. J.Bone Jt.Surg. 41 A, 1371 (1959)
295. SOMMER, R.: Zur Fixation reponierter Bruchflächen. Zbl.Chir. 59, 2403 (1932)
296. STÖR, O.: Erfahrungen mit der Marknagelung nach Küntscher. Chirurg 15, 313 (1943)
297. STRACKER, O.A.: Die Marknagelung in der Orthopädie. Z.Orthop. 79, 74 (1949)
298. STRATER, P.: Über Verletzungen der Clavicula und ihre Behandlung. Chirurg 28, 373 (1957)
299. STREET, M.D.: One hundred fractures of the femur treated by means of the diamond-shaped medullary nail. J.Bone Jt.Surg. 33 A, 659 (1951)
300. STUCK, W.G. and M.S.THOMPSON: Treatment of fractures of the forearm with intramedullary pins. Amer.J.Surg. 77, 12 (1949)
301. SUIRE, P. et P.THOBOIS: Sur l'embrochage par broche de Kirschner dans le traitement des fractures de la clavicule. Lyon chir. 41, 552 (1946)
302. TÄGER, K.H.: Die Bolzung der Malleolarfrakturen mit dem Cialitspan. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 48, 438 (1960)
303. TÄGER, K.H.: Zur Verkürzungsosteotomie. Dtsch.Med.J. 17, 173 (1966)
304. TEODORESCU, M.: Gebrauch von Holzmaterial zur versenkten Knochennaht. Zbl.Chir. 66, 143 (1939)
305. THURNER, J. und N.DIMICCOLI: Über die Verwendung von Kunstharzen in der Orthopädie. Z.Orthop. 95, 82 (1962)
306. TIMMERMANS, F.D.: Der federndflexible Marknagel aus Makrolon. Langenbecks Arch.klin.Chir. 308, 464 (1964)
307. TITZE, A.: Der frische offene Unterschenkelbruch. Chir.Praxis 9, 391 (1965)
308. TROJAN, E.: Behandlungsergebnisse von 277 frischen, geschlossenen Schaftbrüchen beider Vorderarmknochen. H.Unfallheilk. 46, 140 (1957)

309. TSCHERNE, H.: Primäre Osteosynthese von Verrenkungsbrüchen des oberen Sprunggelenkes. Wien.Med.Wschr. 116, 968 (1966)
310. TSCHERNE, H., F. MAGERL und P. FEISCHL: Die Marknagelung frischer offener und geschlossener Unterschenkelfrakturen. Langenbecks Arch.klin.Chir. 317, 209 (1967)
311. VENABLE, C.S., W.G. STUCK and A. BEACH: The effects on bone of the presence of metals; based upon electrolysis. Ann.Surg. 105, 917 (1937)
312. VILMAR, W.: Über die Behandlung der supracondylären Femurfraktur. Zbl.Chir. 78, 1457 (1953)
313. VITTADINI, M.: Zur Behandlung der Claviculafrakturen. Boll.Soc.med.-chir.Pavia 69, 57 (1955)
314. VOGL, A.: zit.n. M.H. NABAVI (236)
315. VOLKMANN, R.v.: zit.n. WANKE et al. (320)
316. VOLKMANN, R.v.: zit.n. H. MUNK (232)
317. VOSS, O. und K.W. HARTMANN: Die Nagelung des Oberarmkopfes. Zbl.Chir. 78, 414 (1953)
318. WAGENFELD, M.: Vereinfachte Methode der Bündelnagelung nach Hackethal. Z.Orthop. 97, 105 (1963)
319. WANKE, R.: Defekt pseudarthrosen des Armes und ihre Behandlung. Zbl.Chir. 72, 1157 (1947)
320. WANKE, R., R. MAATZ, H. JUNGE, W. LENTZ: Knochenbrüche und Verrenkungen. Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1962
321. WATSON-JONES, R.: Fractures and Joint Injuries. Ed. 3, Vol. II, Livingstone, London 1943
322. WATSON-JONES, R., J.A. BONNIN, T. KING, J. PALMER, H. SMITH, O.J. VAUGHAN-JACKSON, J.O. ADAMS, H.J. BURROW, E.A. NICOLL: Medullary nailing of fractures after fifty years. With a review of the difficulties and complications of the operation. J.Bone Jt.Surg. 32 B, 694 (1950)
323. WEISS, J.W.: Die Versorgung kniegelenknaher Frakturen mittels RUSH-Pin. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 49, 95 (1961)
324. WEITNAUER, H.: Ist die Marknagelung bei Unterschenkelbrüchen notwendig? Dtsch.Z.Chir. 282, 1047 (1955)
325. WEYGAND, E.: Vorteile und Nachteile der Küntschernagelung am allgemeinen Krankenhaus. Zbl.Chir. 78, 689 (1953)
326. WHEELER, J.E.: Treatment of tibial fractures by multiple medullary wire fixation. South.med.J. 50, 294 (1957)
327. WHITMAN: A new method of treatment for fracture of the neck of the femur. Ann.Surg. 1902; zit.n. JOHANSSON (135)
328. WILLENEGGER, H.: Fragen der operativen Frakturenbehandlung. Langenbecks Arch.klin.Chir. 276, 173 (1953)
329. WILLENEGGER, H.: Indikation des Rohrschlitznagels. Verh.Dtsch.Orthop.Ges. 46, 533 (1959)
330. WITTE, H.-J.: Beitrag zur stabilen Osteosynthese der subkapitalen Oberarmfraktur. Chirurg 19, 512 (1948)
331. WITTMOSER, R.: Einstellgerät für die Marknagelung. Chirurg 15, 52 (1943)
332. ZELL: Zbl.Chir. 1944; zit.n. C. HÄBLER (101)
333. ZEHNDER, M.A.: Retrograde intramedullary introduction of multiple Kirschner wires into the ulna as method of choice in forearm fractures or in isolated fractures of the ulnar shaft. Milit.Med. 116, 282 (1955)

- 334. ZEHNDER, M.A.: Retrograde Bündelmarkdrahtung in Vorderarmfrakturen. Helv.chir.Acta 31, 83 (1964)
- 335. ZIELKE, H.: Gefahren der Knochenbolzung. Zbl.Chir. 68, 1771 (1941)
- 336. ZIELKE, H.: Die Osteosynthese der Oberarmhalsbrüche. Zbl.Chir. 70, 741 (1943)
- 337. ZINGG, W.: Zur Frakturenbehandlung mit „Knochenleim“. Schweiz.Med.Wschr. 90, 1016 (1960)
- 338. ZIZLAVSKY, W.: Zur Behandlung von Unterarmbrüchen. Arztl.Praxis 5, 21 (1953)
- 339. ZOLCZER, L., G.SOMOS und J.MANNINGER: Über die Behandlung frischer Unterarmbrüche mit Markhöhlendraht. Magyar Traumatol.Orthop.és Helyreállítás seb. 5, 46 (1962)
- 340. ZRUBECKY, G.: Stellungnahme zur primären Osteosynthese bei frischen offenen Unterschenkelchaftbrüchen. Wien.klin.Wschr. 67, 42 (1955)
- 341. ZRUBECKY, G. und E.KRICKL: Eine einfache Osteosynthese bei offenen Unterschenkelbrüchen. Mschr.Unfallheilk. 58, 86 (1955)

8 AB B I L D U N G S N A C H W E I S

- Abb. 1 Erste Elfenbeinbolzung (durch HEINE 1877)
(aus C.v.HEINE: Arch.klin.Chir. 22, 472 (1878))
- Abb. 2 Elfenbeinstiftung einer Tibiafraktur
(aus P.AMREIN: Fortschr.Röntgenstr. 16, 119 (1910))
- Abb. 3 Bolzung einer Oberschenkelfraktur mit einem Fibulastück
(aus E.LEXER: Dtsch.Z.Chir. 133, 170 (1915))
- Abb. 4 Stahlbolzen nach HEY GROVES
(aus E.W.HHEY GROVES: Arch.klin.Chir. 99, 631 (1912))
- Abb. 5 Bolzung mit einem Silberstab
(aus G.SCHÖNE: Münch.med.Wschr. 60, 2327 (1913))
- Abb. 6 Verwendung eines Bolzens aus thermoplastischem Kunststoff
(aus HOHMANN/HACKENBROCH/LINDEMANN: Handbuch der Orthopädie, Bd.IV/1, Thieme, Stuttgart 1961)
- Abb. 7 Markraumschienung mit Holz
(aus M.TEODORESCU: Zbl.Chir. 66, 143 (1939))
- Abb. 8 Marknagel von HEY GROVES
(aus M.D.STREET: J.Bone Jt.Surg. 33 A, 659 (1951))
- Abb. 9 Verwendung eines STEINMANN-Nagels durch RUSH
(aus RUSH/RUSH: J.Bone Jt.Surg. 21, 619 (1939))
- Abb.10 Modifizierter STEINMANN-Nagel
(aus RUSH/RUSH: J.Bone Jt.Surg. 21, 619 (1939))
- Abb.11 Markdrahtung einer Claviculafraktur mit KIRSCHNER-Draht
(aus: Röntgenarchiv d. Orthopädischen Klinik München)
- Abb.12 RUSH-Pin - Technik bei einer Femurpseudarthrose
(aus: Röntgenarchiv d. Orthopädischen Klinik München)
- Abb.13 KÜNTSCHER-Nagelung einer Verkürzungsosteotomie
(aus: Röntgenarchiv d. Orthopädischen Klinik München)
- Abb.14 Pinselnagelung
(aus G.KÜNTSCHER: Praxis der Marknagelung, Schattauer, Stuttgart 1962)
- Abb.15 Bündel-Nagelung
(aus K.H.HACKETHAL: Die Bündel-Nagelung, Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1961)

- Abb.16 Eckenschienung und Furchungseffekt bei der Bündel-Nagelung
(aus K.H.HACKETHAL: Die Bündel-Nagelung, Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1961)
- Abb.17 Drehspreiznagel
(aus R.MAATZ: Zbl.Chir.70, 1641 (1943))
- Abb.18 Spreiznagel nach MAATZ
(aus WANKE/MAATZ/JUNGE/LENTZ: Knochenbrüche und Verrenkungen, Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1962)
- Abb.19 Spreiznagel nach PAVLIK
(aus A.PAVLIK: J.Bone Jt.Surg. 39 A, 1059 (1957))
- Abb.20 Spreiznagel mit schiefer Ebene
(aus R.MAATZ: H.Unfallheilk. 40, 1951)
- Abb.21 Tibia-Marknagel mit „HERZOG-Krümmung“
(aus G.KÜNTSCHER: Langenbecks Arch.klin.Chir.276, 217 (1953))
- Abb.22 Rohrschlitznägel
(aus K.HERZOG: Chirurg 31, 465 (1960))
- Abb.23 Rhombus-Marknagel nach HANSEN-STREET
(aus M.D.STREET: J.Bone Jt.Surg. 33 A, 659 (1951))
- Abb.24 Ellenfeder
(aus WANKE/MAATZ/JUNGE/LENTZ: Knochenbrüche und Verrenkungen, Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1962)

Lebenslauf

Am 21. September 1941 wurde ich als Sohn des Dr.med. Hans Szymanowski und seiner Ehefrau Dr.med. Elfriede Szymanowski, geb. Wohlfahrt, in Zwickau geboren.

Von 1948 bis 1955 besuchte ich in Zwickau die Pestalozzi-Volksschule und anschließend die Käthe-Kollwitz-Oberschule, wo ich am 5.Juli 1959 die Reifeprüfung ablegte.

Nach einem Praktikum im VEB Automobilwerk Sachsenring Zwickau studierte ich an der TH Dresden Maschinenbau, bis ich im April 1960 in die Bundesrepublik Deutschland übersiedelte.

Von Mai 1960 bis April 1961 nahm ich dann an einem Vorstudienkurs in Erlangen teil, den ich am 27.April 1961 mit der Ergänzungsreifeprüfung abschloß.

Das Studium der Medizin begann ich in München und bestand dort am 24.Oktober 1964 die ärztliche Vorprüfung. Klinische Vorlesungen hörte ich in München, Innsbruck und wieder München, wo ich am 14.Dezember 1967 mit dem ärztlichen Staatsexamen mein Studium beendete.

